


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

ÜBER VERWITTERUNG UND KAOLINBILDUNG HALLESCHER QUARZPORPHYRE

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

VEREINIGTEN FRIEDRICHS-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG

VORGELEGT VON

VICTOR SELLE
KÖNIGLICHEM BERGREFERENDAR AUS POTSDAM

HALLE A. S.
DRUCK VON EHRHARDT KARRAS
1907

Referent: Herr Professor Dr. J. Walther.

Dem Andenken meines Vaters

gewidmet.

Eine Karte, darstellend die Verbreitung der Kaolinvorkommen innerhalb der halleschen Quarzporphyre, erscheint als Beilage zum Text in der „Zeitschrift für Naturwissenschaften“ Halle a. S., Band 79 (1907), Heft 5 und 6.

I. Einleitung: Aufgabe und Zweck der Arbeit.

Die Umwandlung und Neubildung von Mineralien, welche man als „sekundäre Mineralbildung“ zusammenfafst, ist eine der interessantesten Erscheinungen in der Natur, deren Deutung und Erforschung zu den wichtigsten, zugleich aber oft zu den schwierigsten Aufgaben der geologischen Wissenschaft gehört. Selbst wenn vermöge der Vollkommenheit der physikalischen und chemischen Untersuchungsmethoden das primäre Mineral bekannt ist, dem das neugebildete, sekundäre Mineral seine Entstehung verdankt, so bestehen über die Einzelheiten und den Verlauf der metamorphen Vorgänge, welche das Mineral durchzumachen hat, vor allem über die Agentien der Umwandlung häufig sehr weit auseinandergehende Ansichten. Als Ursachen der Mineralumwandlung kommen im wesentlichen Prozesse hydro- und solche pyrochemischer Natur in Betracht; zu den ersteren gehört die Tätigkeit der Atmosphäre, der atmosphärischen Wasser und chemischer Lösungen, zu den letzteren die Einwirkung vulkanischer Agentien, von Dämpfen und Gasen.

Hinsichtlich der Frage, welcher Art die umwandelnden Agentien gewesen sind, hat neuerdings der Kaolin, das Umwandlungsprodukt feldspathaltiger Gesteine, die Aufmerksamkeit der Geologen in hohem Mafse auf sich gezogen;

während nach der bisherigen allgemeinen Anschauung der Kaolin der Verwitterung, also vornehmlich hydrochemischen Prozessen, seine Entstehung verdankt, schreibt WEINSCHENK die Kaolinbildung pneumatolytischen und pneumahydatogenen Prozessen zu. Seine Theorie[1]) gewinnt dadurch an Bedeutung, dafs sie sich nicht allein auf die Kaolinlagerstätten, sondern auf jede Kaolinbildung überhaupt bezieht und daher den Begriff der Kaolinisierung als eines auf Verwitterung beruhenden Umwandlungsvorganges an gewissen Mineralien, für welchen sie bisher gehalten wurde, verwirft. Die Gültigkeit dieser Theorie hat RÖSLER, ein Schüler WEINSCHENKS, in seiner Abhandlung „Beiträge zur Kenntnis einiger Kaolinlagerstätten“[2]) auf alle wichtigeren und bekannteren Kaolinvorkommen nachzuweisen versucht.

Der Inhalt der WEINSCHENK-RÖSLERschen Theorie läfst sich in zwei Hauptsätze zusammenfassen:

1. Die normale Verwitterung führt nicht zur Kaolinbildung;

2. Die Ursache der Kaolinbildung sind pneumatolytische und pneumahydatogene Prozesse.

Wenn auch vielleicht die neue Theorie für einzelne Kaolin-Vorkommen ihre volle Berechtigung haben wird, so erscheint es immerhin gewagt, für sie eine Allgemeingültigkeit in Anspruch zu nehmen. Bei der Bildung von Mineralien und Gesteinen können so viele Faktoren in rätselhafter Weise zusammenwirken, dafs es schon aus diesem Grunde oft nicht berechtigt ist, für sie eine einzige Entstehungsart anzunehmen und jede andere auszuschliefsen.

Die neue Theorie mufste durch ihren schroffen Gegensatz zu den alten Ansichten über Verwitterung und Kaolinbildung natürlicher Weise die Anregung zur Kritik und zur sorgfältigen Prüfung ihrer Anwendbarkeit auf die einzelnen Vorkommnisse geben. Eine Kritik übt DAMMER in seinem Referate[3]) der RÖSLERschen Arbeit, in welchem auch er

---

[1]) Grundzüge der Gesteinskunde, I. Teil. Allgemeine Gesteinskunde, 1902,

[2]) Neues Jahrbuch für Mineralogie und Geologie, 1902, 15. Beilageband.

[3]) Zeitschrift für praktische Geologie, 1903, 114; desgl. 1903, 357.

dem oben ausgesprochenen Gedanken Ausdruck gibt, dafs eine Verallgemeinerung und Anwendung der Pneumatolyse-Theorie auf die gesamte in der Natur vorkommende Kaolinbildung nicht anzunehmen sei. Derselben Ansicht neigt auch DOELTER in seinem neuen Lehrbuch der „Petrogenesis" (1906) zu. Inbezug auf die Kaolinvorkommen in den Glimmerporphyriten von Altenburg hält DAMMER[1]) entschieden an der alten Verwitterungstheorie fest, da er eine Anzahl von Beweisgründen für eine pneumatolytische Entstehung nicht bestätigt fand.

Im Gegensatz zu DAMMER erkennt STUTZER[2]) für das berühmte auflässige Kaolinvorkommen von Aue bei Schneeberg die RÖSLERsche Theorie in vollem Umfange an und neigt dazu, in dem Kaolin **stets** ein postvulkanisches Zersetzungsprodukt, **niemals** ein Produkt der Verwitterung zu erblicken.

Im folgenden habe ich, der Anregung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Geheimen Bergrat Dr. BEYSCHLAG, folgend, den Versuch unternommen, die Anwendbarkeit der WEINSCHENK-RÖSLERschen Anschauungen auf die Kaolinbildung in den Quarzporphyren von Halle a. S. einer Prüfung zu unterziehen.

II. Allgemeines: Die Anschauungen über Verwitterung und Kaolinbildung in ihrer historischen Entwicklung bis zur Weinschenk-Röslerschen Theorie.

Der Gedanke einer pneumatolytischen Entstehung des Kaolins ist nicht neu, sondern hat vielmehr schon eine ganze Reihe von Forschern beschäftigt, welche bei diesem oder jenem Kaolinvorkommen Anzeichen für eine solche zu finden geglaubt hatten; noch nie jedoch ist er mit solchem Nach-

---

[1]) Dammer, Das Rotliegende der Umgebung von Altenburg in Sachsen-Altenburg. Jahrbuch der Kgl. geologischen Landesanstalt und Bergakademie, 1903, Bd. XXIV, Heft 2.

[2]) Zeitschrift für praktische Geologie, 1905, Heft 9: Die „weifse Erden-Zeche St. Andreas" bei Aue. Ein Beitrag zur Frage nach der Genesis der Kaolinlagerstätten.

druck betont und unter gänzlicher Ausschliefsung einer Kaolinbildung durch Verwitterung auf alle Kaolinlagerstätten angewendet worden, wie durch die Röslersche Theorie. Dafs in der Tat Kaolin auch durch Pneumatolyse entstehen kann, wird wohl trotz der geltenden Verwitterungstheorie von allen Mineralogen anerkannt, und so findet sich auch in Lehrbüchern, z. B. im Klockmann 1900, als Entstehungsart neben der Verwitterung die Pneumatolyse angeführt.

Von besonderem, für die Halleschen Kaolinvorkommen historischen Interesse ist die auf das berühmt gewordene Vorkommen des Flufsspats am Sandfelsen bei Halle und eines Flufsspatfundes in der Kaolinerde gegründete Annahme Leopold von Buchs[1]) einer Durchdringung und regionalen Zersetzung porphyrischer Gesteine (Halle, Harz, Thüringen) durch „eine gasförmige Säure aus dem Inneren, welche Kieselsäure mit sich fortführt und absetzt“, nämlich die „Flufsspatsäure“. Andere, namentlich Kollins und Daubrée, schlossen aus der Paragenesis mit fluor- und borhaltigen Mineralien (Topas, Turmalin) auf eine Entstehung des Kaolins durch die Tätigkeit von Thermen. Eine solche hält auch neuerdings Dölter in seiner „Petrogenesis“ für wahrscheinlich. Als der eigentliche Vorläufer von Weinschenk und Rösler ist wohl de Launay zu nennen, der für die Kaolinlagerstätten von Les Colettes und Echassières auf Grund der Paragenesis mit Zinnerzen postvulkanische, pneumatolytische Prozesse annahm, nachdem vorher Daubrée die Theorie von der Entstehung der Zinnerzlagerstätten durch Gase aufgestellt hatte.

Alle diese Hypothesen, die meist auf ganz bestimmte Vorkommen bezogen wurden, vermochten jedoch nicht, die alte Verwitterungstheorie umzustürzen, wenngleich auch auf Grund der Ausführungen von de Launay und Daubrée die Möglichkeit einer pneumatolytischen Entstehung des Kaolins nicht ausgeschlossen werden konnte.

Die herrschende Theorie erblickt in dem Kaolin das Endprodukt der auf Verwitterung beruhenden Zersetzung

---

[1]) Vgl. die Röslersche Abhandlung, welche die Theorien der Kaolinbildung in erschöpfender Weise behandelt.

feldspathaltiger Gesteine. Hierbei versteht sie unter dem Begriff der „Verwitterung" die Gesamtheit der zerstörenden und umwandelnden Einflüsse der Atmosphärilien, vornehmlich der atmosphärischen Niederschläge, und des organischen Lebens auf das ursprüngliche Gestein, welche sich unmittelbar nach seiner Entstehung zu äufsern beginnen. Als die wirksamsten Agentien treten uns neben den Bestandteilen der Atmosphäre selbst und neben gewissen klimatischen Verhältnissen, wie Insolation, Frost und Gröfse der aufeinanderfolgenden Temperaturunterschiede, die atmosphärischen Wasser entgegen, welche einmal aus der Luft O und CO_2, dann bei ihrer Zirkulation in den Erdschichten aufser den genannten auch organische Verbindungen absorbieren, sich ferner mit mineralischen Stoffen beladen können und hierdurch in aufserordentlicher Weise befähigt werden, auflösend, umwandelnd und neubildend zu wirken. Auch der Lebensprozefs der Pflanzen und Tiere, die zum Aufbau ihres Gerüstes dem Boden und den Wassern kohlensauren und phosphorsauren Kalk, Kieselsäure und Alkalien entziehen, spielt bei der Verwitterung eine grofse Rolle (sog. organische Verwitterung). Vielfach wird der Begriff der „Zersetzung" nur für diejenigen Veränderungen der Mineralien, welche nicht Wirkungen der Atmosphärilien, also vorzugsweise für die pyrochemischen Umwandlungsprozesse angewendet, doch erscheint es zweckmäfsiger, den chemischen Eingriff in die Konstitution des Minerals als solchen, unabhängig von seiner (oft unbekannten) Ursache, als „Zersetzung" zu bezeichnen.

Der Charakter des Kaolinits als eines im wesentlichen aus dem Feldspat hervorgegangenen sekundären Minerals ist schon von Romé de l'Isle und von Hauy erkannt worden. Der erstere sagt in seiner Krystallographie 1783[1]): „l'un et l'autre (feldspath) passent à l'état d'argile blanche, pure et réfractaire, ou de Kaolin", und Hauy nennt den Kaolinit „feldspath décomposé".[2])

---

[1]) Hintze, Handbuch der Mineralogie, 1897.

[2]) Klaproth, Beiträge zur chemischen Kenntnis der Mineralkörper, 1815, Bd. VI, S. 275. Chemische Untersuchung des Kaolins von Aue.

Nur Klaproth[1]) kommt bei seiner Untersuchung des Kaolins von Aue zu der Überzeugung, daſs der Kaolinit ein ursprünglich gebildetes Naturprodukt sei. Seltsam mutet uns die Begründung seiner Meinung an, daſs die nur wenige Meter mächtige Decke von Glimmerschiefer, welche das Kaolinvorkommen von Aue überlagert, den Atmosphärilien den Zutritt zu dem Innern verschlösse, so daſs auf diesem Wege eine Metamorphose unmöglich sei.

In ziemlich scharfer Weise wendet sich auch Nept. von Fuchs[2]) gegen die Ansicht, daſs der Kaolin aus der Verwitterung des Feldspats entstanden sei. In seiner Abhandlung „Über die Entstehung der Porzellanerde" (1817) sagt er: „Die meisten Mineralogen glauben zwar, daſs die Sache längst entscheiden sey, und halten sich für überzeugt, daſs die Porzellanerde durch Verwitterung des Feldspats gebildet worden; allein gegen diese Meinung spricht so viel, daſs man sich in der Tat wundern muſs, wie sie Eingang finden und von den gröſsten Männern in Schutz genommen werden konnte." v. Fuchs weist vor allem darauf hin, daſs, wenn die Verwitterung eine solch intensive Umwandlung wie diejenige in Kaolin zu vollziehen imstande sei, der Granit doch „ein sehr schwaches Fundament für die Gebirge" sei, daſs dann bei der extensiven Verbreitung der Feldspatgesteine die Bildung von Kaolinlagern noch weit allgemeiner und nicht nur an gewisse Granit- oder Porphyrgebiete gebunden sein müsse. Auf Grund seiner Untersuchungen der Porzellanerde von Obernzell (Passau) glaubt von Fuchs in dem Porzellanspat (identisch mit dem Skapolit) das Muttermineral des Kaolins gefunden zu haben — eine Hypothese, die durch die Beobachtungen von Weinschenk und Rösler als widerlegt anzusehen ist.

Wenn auch der genetische Zusammenhang des Kaolinits zum Feldspat schon Ende des 18. Jahrhunderts erkannt worden ist, so datieren die ersten eingehenden theoretischen und praktischen Untersuchungen über den chemischen Verlauf der Zersetzung erst aus den dreiſsiger Jahren des

---

[1]) Siehe S. 5, Anmerkung 2.

[2]) Nept. von Fuchs, Gesammelte Schriften, 1856, S. 49.

19. Jahrhunderts. Hier ist vor allem FORCHHAMMER[1]) zu nennen, der sich mit der Zusammensetzung und Entstehung der Porzellanerde sehr eingehend beschäftigte.

Nach ihm besteht der chemische Vorgang der Umwandlung der Feldspatsubstanz darin, dafs die Alkalien, Erdalkalien, sowie auch Eisen- und Manganoxydul durch den Einflufs kohlensäurehaltiger Wasser unter Abscheidung eines Teiles der Kieselsäure in lösliche Karbonate umgewandelt und fortgeführt und zwei Moleküle Wasser aufgenommen werden. Zahlreiche Untersuchungen namhafter Forscher haben im wesentlichen diese Auffassung bestätigt. Schematisch läfst sich der Prozefs für den Kalifeldspat etwa folgendermafsen darstellen:

$$K_2 Al_2 Si_6 O_{16} + 2 H_2 O + CO_2 = \underset{\downarrow}{H_4 Al_2 Si_2 O_9} + \underset{\rightarrow}{K_2 CO_3} + \underset{\searrow}{Si O_2}.$$

Dem Feldspat wird zuerst saures kieselsaures Kali $K_2 Si_4 O_9$ entzogen, welches bei weiterer Einwirkung der Kohlensäure in $K_2 SiO_3$ (Wasserglas) und endlich in Karbonat umgesetzt und mit der ausgeschiedenen Kieselsäure mehr oder weniger fortgeführt wird. Nach MILCH[2]) ist auch anzunehmen, dafs das gelöste Alkali mit der dem Feldspat entzogenen Kieselsäure als wasserhaltiges Kalisilikat ($H_3 KSi_2 O_6$) in Lösung fortgeführt wird.

Die Plagioklase, für welche ganz analoge (schematische) Umwandlungsvorgänge angenommen werden können, zeigen eine weit gröfsere Neigung zur Zersetzung als der Orthoklas; nach den Beobachtungen von RÖSLER werden anscheinend zuerst die basischen, dann die sauren Plagioklase und schliefslich der Orthoklas zersetzt, während der trikline Kalifeldspat, der Mikroklin, fast unzersetzbar zu sein scheint.

Als unlösliches Endprodukt der Feldspatzersetzung bleibt ein kieselsaures Tonerdehydrat zurück von der Zusammensetzung

$$Al_2 O_3 . 2 SiO_2 . 2 H_2O = H_4 Al_2 Si_2 O_9,$$

---

[1]) Poggendorfs Annalen, 35, 336.

[2]) Dr L. Milch, Die Grundlagen der Bodenkunde.

welches nach Groth ein basisches Salz der Dimetakieselsäure $Si_2O_5H_2$ darstellt, in dem die beiden H durch zwei einwertige Gruppen $Al(OH)_2$ ersetzt sind.

$$
\begin{array}{l}
O = Si - O - Al \begin{cases} OH \\ OH \end{cases} \\
\quad O \big\langle \\
O = Si - O - Al \begin{cases} OH \\ OH \end{cases}
\end{array}
$$

Nach dem Vorschlage von Johnson und Blake und später auch von de Koninck bezeichnet man das durch obige Konstitutionsformel dargestellte Mineral als „Kaolinit“, welches mit den grobblättrigen, auf Zinnerzgängen und in Greisen auftretenden Mineralien Nakrit und Pholerit identisch ist. Im Gegensatz zum Kaolinit ist der Kaolin ein Mineralgemenge, abhängig von der Natur des Muttergesteins, welches neben dem Kaolinit noch sämtliche unzersetzt gebliebene Bestandteile des ursprünglichen Gesteins, also auch den Feldspat selbst, enthalten kann. Wenn auch die Begriffe Kaolin und Porzellanerde ihrem Wesen nach synonym sind, indem Kaolin die aus dem Chinesischen übernommene Bezeichnung der Porzellanerde ist, ist es doch zweckmäfsig, mit „Porzellanerde“ denjenigen Kaolin zu bezeichnen, dessen Feldspatgehalt eine derartige Umwandlung zu Kaolinit erfahren hat, dafs er technisch zu Porzellan oder sonstigen keramischen Zwecken Verwendung finden kann. Die Porzellanerde ist demnach nur eine Abart des Kaolins, charakterisiert durch einen möglichst hohen Gehalt an Kaolinit, und wie jenes ein echtes Gestein.

Der in der keramischen Wissenschaft und Praxis uns entgegentretende Begriff der „Tonsubstanz“ wird später erläutert werden.

Den Vorgang der Feldspatumwandlung bezeichnet man allgemein als Kaolinisierung. Treffender nennt man diesen „Kaolinitisierung“ und gebraucht den Ausdruck „Kaolinisierung“, wenn man dabei die Umwandlung des Gesteins ins Auge fafst, so dafs ein gewisser mineralogischer bezw. petrographischer Charakter der beiden Begriffe gewahrt

bleibt: ein in der Umwandlung zu Kaolinit begriffener Feldspat heifst daher zweckmäfsig „kaolinitisiert“, das entsprechende Gestein „kaolinisiert“.

Die Kaolinitisierung des Feldspats besteht nach obigen Ausführungen im wesentlichen in einer Alkalienentziehung, Aufnahme von Wasser an Stelle der Alkalien und Abscheidung von Kieselsäureanhydrid. Es ist als sicher anzunehmen, dafs diese molekulare Umwandlung der Feldspatsubstanz nicht mit einem Schlage erfolgt, vielmehr durch gewisse Stadien hindurchgeht, die je nach der zeitlichen Länge und Intensität der einwirkenden Agentien mehr oder weniger schnell durchlaufen werden. Solche Zwischenprodukte auf einer Stufenleiter vom Feldspat zum Kaolinit sind zum mindesten denkbar: in ihnen kann entweder eine nur partielle Ersetzung der Alkalien durch Wasser oder aber nach der Entziehung des gesamten Alkaligehalts ein verschiedener Grad der Hydratisierung angenommen werden. Das Endprodukt ist stets Kaolinit. Dieser Gedanke entspricht wohl auch der Ansicht von SCHMID und HEROLD,[1]) welche für den Kaolinit des thüringischen Buntsandsteins mehrere unter sich und der typischen Kaolinitzusammensetzung sehr nahestehende Formeln aufgestellt haben. Sie unterscheiden sich vornehmlich durch einen verschiedenen Wassergehalt. Durch SCHMID wurden die Verbindungen als α, β, γ, δ-Kaolinit bezeichnet; es sind dies:

$$2\,Al_2O_3\,4\,SiO_2\,.\,4\,H_2O = \alpha\text{-Kaolinit};$$
$$2\,Al_2O_3\,4\,SiO_2\,.\,3\,H_2O = \beta\text{-Kaolinit};$$
$$2\,Al_2O_3\,4\,SiO_2\,.\,2\,H_2O = \gamma\text{-Kaolinit};$$
$$2\,Al_2O_3\,6\,SiO_2\,.\,4\,H_2O = \delta\text{-Kaolinit}.$$

Ob bei den Untersuchungen von SCHMID und HEROLD in der Tat mineralogisch selbständige Verbindungen vorgelegen haben, ist nicht leicht zu entscheiden; der Einwand RÖSLERS, dafs die SCHMIDschen Resultate auf Unreinheit

[1]) E. E. Schmid, Die Kaoline des thüringischen Buntsandsteins. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, 1876, Bd. 28. — H. Herold, Über die Kaoline der Formation des mittleren Buntsandsteins in Thüringen. Inaugural-Dissertation, Jena, 1875.

des Analysenmaterials beruhen, ist in Anbetracht der Unmöglichkeit, den Zersetzungskaolinit völlig rein zu erhalten, nicht ganz von der Hand zu weisen. Immerhin ist auf Grund obiger Betrachtungen die Möglichkeit für die Existenz solcher, dem Kaolinit sehr nahestehender Verbindungen äufserst wahrscheinlich.

Aufser dem Feldspat sind als Muttermineralien des Kaolinits noch zahlreiche andere Mineralien beschrieben worden[1]; von diesen scheint mir der Glimmer am bemerkenswertesten zu sein, in welchem SCHMID das primäre Mineral des Kaolinits des thüringischen Buntsandsteins erblickt. RÖSLER verwirft die SCHMIDsche Hypothese und erklärt auch die Bildung der thüringischen Vorkommen durch Zersetzung von Feldspäten. Sowohl vom chemischen als vom mineralogisch-geologischen Standpunkt ist die SCHMIDsche Auffassung angesichts der nahen Verwandtschaft des Glimmers zum Kaolinit von grofser, interessanter Bedeutung. Auch ich glaube, bei der Untersuchung der Halleschen Kaoline und der Verwitterungsprodukte der Halleschen Quarzporphyre einige Beziehungen zwischen diesen beiden Mineralien gefunden zu haben, auf die ich jedoch später erst eingehen werde.

Auf Grund der Verwitterungstheorie ist die Kaolinitisierung früher stets als die häufigste und verbreitetste Form der normalen Verwitterung tonerdehaltiger Mineralien angesehen worden, während man der Umwandlung solcher Mineralien, insbesondere wieder der Feldspäte, in andere Mineralien, in Muskovit, Epidot oder in Zeolithe, eine mehr untergeordnete Rolle zuschrieb. Sah man einerseits die oft mächtigen und ausgedehnten Kaolinlagerstätten als Produkte der Verwitterung an, so wurden andererseits alle Verwitterungsprodukte der Feldspäte, zumal wenn sie äufserlich gewisse Merkmale des Kaolinits trugen, als solcher angesprochen und bezeichnet. Die neueren Untersuchungsmethoden haben jedoch den Beweis erbracht, dafs diese keineswegs stets kaolinitischen, sondern häufig mehr glimmerartigen Charakters sind, und dies umsomehr, wenn es sich

[1]) Siehe die Röslersche Abhandlung.

nicht um makroskopische, sondern um mikroskopische, innerhalb des an sich noch mehr oder weniger frischen Minerals wahrnehmbare sekundäre Zersetzungsprodukte handelt.

Die Umwandlung des (Kali-)Feldspats in Kaliglimmer verläuft derjenigen in Kaolinit ganz ähnlich und besteht ebenfalls in einer Wegführung von Kieselsäure und Alkalien und in einer Aufnahme von Wasser. Der Unterschied zwischen beiden Prozessen besteht darin, dafs bei der Umbildung in Muskovit nicht der gesamte Kali, sondern nur zwei Drittel dem Feldspat entzogen und an Stelle von zwei Molekülen Wasser nur zwei Drittel Moleküle Wasser (d. h. bezogen auf ein Molekül Al_2O_3) zugeführt werden. Nach MILCH läfst sich der Vorgang durch folgende Gleichung veranschaulichen:

$$3\,K_2Al_2Si_6O_{16} + 2\,H_2O + 2\,CO_2 = 2\,KH_2Al_3(SiO_4)_3 \downarrow + 2\,K_2CO_3 \rightarrow + 12\,SiO_2 \searrow$$

Zeigen schon die zahlreichen Mineralien der Glimmergruppe unter sich eine aufserordentlich wechselnde chemische Zusammensetzung, für deren Erklärung verschiedene Theorien, so von CLARKE und von TSCHERMACK, aufgestellt sind, so weichen selbst für die einzelnen Glieder, z. B. für die hier in Betracht kommenden Kaliglimmer, die Analysenresultate häufig sehr weit von einander ab und lassen sich oft kaum auf die theoretische Muskovitformel $= H_4K_2Al_6Si_6O_{24}$ (saures K-Al-orthosilikat) beziehen. Dies wird bei den sekundär gebildeten Glimmern um so mehr zutreffen, als für die Umwandlungsvorgänge eine grofse Mannigfaltigkeit neben einem differierenden Grade der Zersetzung anzunehmen ist. Die glimmerartigen Zersetzungsprodukte sind meist krystallinisch feinblättrige bis feinschuppige, talkähnliche Aggregate, die man im Gegensatz zu den eigentlichen grofsblättrigen Muskoviten Sericite nennt. Die Vorgänge der Umwandlung in Kaliglimmer werden daher auch unter den Begriff der Sericitisierung zusammengefafst.

Ein dem Muskovit und Sericit sehr nahestehendes sekundäres Mineral ist der häufig in zersetzten Porphyren als Pseudomorphosen nach Feldspat auftretende Pinitoid,

der nach Knop[1]) „ein basisches, in seiner Zusammensetzung glimmerähnliches, wasserhaltiges, durch heifse Schwefelsäure aufschliefsbares, mikro- bis kryptokrystallinisches Silikat von meist pelitischem bis derbem, dichten Habitus" darstellt.

In neueren Lehrbüchern der Mineralogie finden wir daher die Ansicht vertreten, dafs Sericit und Kaolinit als Umwandlungsprodukte des Feldspats durch atmosphärische Einflüsse anzusehen sind; so erklärt z. B. Rosenbusch in seiner „Mikroskopischen Physiographie", 1905, die Trübung des Orthoklases als „eine mehr oder weniger vorgeschrittene Umwandlung zu Muskovit oder Kaolin".

Wir gelangen nunmehr zu den Weinschenk-Röslerschen Auffassungen über Verwitterung und Kaolinbildung. Beide suchen hauptsächlich auf deduktivem Wege (aus der Zusammensetzung der Gewässer und der von diesen abgesetzten Sedimente) den Nachweis zu führen, dafs eine Kaolinbildung nicht allein durch eine normale Verwitterung der Gegenwart, sondern auch durch eine weit stärker gedachte Verwitterung früherer geologischer Epochen ausgeschlossen sei. Die chemischen Einflüsse der natürlichen Verwitterungsprozesse seien nur untergeordneter Natur und führten zur Bildung von alkalihaltigen Tonerdehydrosilikaten, also zu Mineralien sericitischen Charakters. Ein direkter Nachweis für die Annahme, dafs die mannigfachen Verwitterungsprodukte feldspatreicher Gesteine in der Tat keinen Kaolinit enthalten, ist nicht erbracht, da dieser nach Rösler aus gewissen Gründen sehr schwierig oder ganz unmöglich ist. Rösler gibt sogar zu, dafs die Frage, „ob durch lange andauernde weitgehendste Verwitterung im Verwitterungslehm Kaolin gebildet werden kann oder nicht", keineswegs entschieden ist, und hält das letztere nur für wahrscheinlich. Was jedoch für den sekundär abgelagerten Verwitterungslehm gilt, gilt im Prinzip auch für die autochthonen Verwitterungsprodukte.

Für die Verschiedenheit der Verwitterung und Kaolinisierung wird fernerhin geltend gemacht, dafs erstere mit einer starken mechanischen Auflockerung des Gesteins ver-

[1]) Knop, Neues Jahrbuch, 1859, S. 569.

bunden ist, welche der Kaolinisierung anscheinend fehlt. Den durch die mechanische Wirkung der Atmosphärilien gebildeten Grus hält Rösler für frei von jeder Spur von Kaolin.

Zu der Ansicht, dafs durch die Agentien der Verwitterung kein Kaolinit (sondern nur sericitische Produkte) entstehen können, treten noch zwei weitere Hauptargumente, welche als Beweisgründe gegen die Verwitterungshypothese angeführt werden. Das eine Argument ist das Auftreten gewisser accessorischer fluor- und borhaltiger Mineralien in den Kaolinlagern, namentlich von Turmalin, Topas und Flufsspat, welche Rösler als Neubildungen des Kaolinisierungsprozesses ansieht; da für die genannten Mineralien auf Grund ihrer häufigen Paragenesis mit Zinnerzen die Minerogenie im allgemeinen eine pneumatolytische Entstehung lehrt, so lag es in der Tat nahe, auch für den Kaolinit, in dem sie auftreten, dieselbe Entstehungsursache anzunehmen.

Das dritte Hauptargument der Röslerschen Theorie ist die Art des geologischen Vorkommens der Kaolinlagerstätten. Es ist an sich offenbar, dafs die Genesis sowohl die räumliche Verbreitung und Anordnung der Lagerstätten als auch die Lagerungsform des Kaolinlagers im einzelnen bedingt. Nach den Beobachtungen von Rösler sollen zunächst die Kaolinlagerstätten ganz unabhängig von Höhenunterschieden sein, während umgekehrt bei den Anhäufungen der Verwitterungsprodukte eine gewisse Abhängigkeit von der Höhenlage unverkennbar sei. Die Kaolinlagerstätten selbst bilden nach ihm stets vereinzelte Nester in frischem, unzersetztem Gestein, in welchen nur in horizontaler Richtung, niemals jedoch in vertikaler Richtung ein Übergang zu beobachten sei. Da Rösler in den Kaolingruben niemals eine Abnahme der Kaolinisierung nach der Tiefe und einen Übergang in festes Gestein in vertikaler Richtung wahrgenommen hat, nimmt er an, dafs die Kaolinlager in die ewige Teufe hinabsetzen. Die hierdurch bedingte Lagerungsform, die sich in geringer horizontaler Ausdehnung und in einer unendlichen Erstreckung nach der Tiefe charakterisiert, schliefst eine Entstehung durch von oben wirkende Tagewässer aus.

Als Ergebniss aller dieser Erwägungen kommen Weinschenk und Rösler zu der Ansicht, dafs Verwitterung und Kaolinisierung zwei vollständig verschiedene Zersetzungsvorgänge sind, von denen der eine zu kaolinitfreiem Grus, der andere zu einer völligen chemischen Umsetzung der Feldspäte zu Kaolinit und Bildung von Kaolinlagerstätten führt. Die Kaolinisierung setzt daher nach den beiden Autoren weit intensiver wirkende Agentien, als es die Atmosphärilien sind, voraus; als solche würden vornehmlich Kohlensäure und schwefel-, bor- und fluorhaltige Gase und Dämpfe anzunehmen sein, welche auf Spalten aufsteigend, von unten die intensive kaolinisierende Zersetzung des Gesteins bewirkt hätten. Diese pneumatolytischen und auch pneumahydatogenen Prozesse seien als Nachwirkungen der eigentlichen vulkanischen Eruptionen, des Magmaergusses, also als postvulkanische Vorgänge anzusehen.

Wenn wir nunmehr die für die Röslersche Theorie gegebenen Beweisgründe an den Kaolinlagerstätten in den Quarzporphyren von Halle einer kritischen Betrachtung unterwerfen wollen, so möge diese darin bestehen, dafs wir gemäfs den Hauptargumenten der Röslerschen Lehre folgende drei Fragen zu beantworten suchen:

1. Welches sind die Erscheinungen der Verwitterung, und zu welchen Produkten führt die letztere?

2. Welches sind die geologischen Lagerungsverhältnisse, die Verbreitung und Anordnung der Kaolinvorkommen im ganzen und die Lagerungsformen im einzelnen?

3. Welche Rolle spielen die accessorischen, für die Pneumatolyse geltend gemachten Mineralien?

III. Die Verwitterung der Halleschen Quarzporphyre.

1. Urform.

Der natürliche Ausgangspunkt für die Betrachtung der Verwitterungserscheinungen an einem Gestein ist sein primärer Zustand, d. h. derjenige Zustand, in dem es sich unmittelbar nach seiner Bildung befunden hat und sich

noch unberührt von all den mannigfachen Einflüssen darbietet, welche an ihm sogleich umwandelnd, zerstörend und neubildend einzuwirken beginnen.

Für die Halleschen Porphyre ist die Frage nach ihrer primären Beschaffenheit des öfteren Gegenstand der Erörterungen gewesen. Charakteristisch für die hiesigen Porphyrgesteine ist die Rotfärbung der Grundmasse, die sehr verschiedene Intensitäten und Nüancen aufweist, und das Vorhandensein fleischfarbener Orthoklase. Eine bemerkenswerte Sonderstellung nimmt nur der Porphyr von Schwertz ein, der sich durch eine grünschwarze Grundmasse und durch das Auftreten von glasigen Feldspäten an Stelle der normalen Orthoklase auszeichnet. Dieses Vorkommen von Schwertz gab LASPEYRES die Veranlassung, die Hypothese aufzustellen, nach welcher der Schwertzer Porphyr als die Urform des roten Porphyrs, dieser also als eine sekundäre Bildung, als das erste Umwandlungsprodukt des schwarzen Porphyrs durch den Einfluſs der Verwitterung, anzusehen ist, eine Anschauung, die durch die Tatsache, daſs die rezenten Effusivgesteine, die Liparite, Trachyte und dergleichen, stets einen glasigen Typus aufweisen, eine gewisse Berechtigung hat. Trotzdem hat diese Theorie für die Halleschen Porphyre anscheinend keine Gültigkeit. Wurde sie schon durch die Sennewitzer Tiefbohrung, welche den normalen, roten, stets gleichbleibenden Porphyr in einer Mächtigkeit von 872,75 m, beginnend in einer Teufe von 239 m, erbohrte, ernstlich erschüttert, so haben ferner die Untersuchungen von HAASE[1]) den ziemlich einwandfreien Nachweis geliefert, daſs der rote Porphyr mit rötlichen Orthoklasausscheidungen in keinem genetischen Verhältnis zum Schwertzer Porphyr steht; für den letzteren ist die Annahme wahrscheinlich, daſs er eine rein lokale Porphyrfacies darstellt.

---

[1]) Kann der Porphyr von Schwertz als die Urform der Halleschen Porphyre betrachtet werden? Zeitschrift für Naturwissenschaften, 1905, Bd. 77.

2. Verschiedene Verwitterungsfähigkeit.

Die Fähigkeit der Gesteine, mehr oder weniger der Verwitterung anheimzufallen oder zu widerstehen, wird durch eine sehr grofse Anzahl von Faktoren bedingt; die petrographische Beschaffenheit des Gesteins, bei Porphyren vor allem die Konstitution der Grundmasse, die Klüftigkeit und Festigkeit, die Art der Über- und Unterlagerung durch andere Gesteine, die Oberflächengestaltung — alles dies ist für die Verwitterbarkeit von Bedeutung und bewirkt einen mannigfachen Wechsel der Verwitterungserscheinungen.

Die Halleschen Porphyre teilen zunächst mit allen Porphyren die Eigenschaft weitgehender Absonderung, Zerklüftung und Bildung von Spalten und Rissen, sowohl im grofsen als auch im kleinen, d. h. in der ganzen Masse und in den Mineralindividien, so dafs den Atmosphärilien hierdurch in hohem Mafse der freie Eintritt in das Innere und zahllose Angriffspunkte zu ihrer chemischen und mechanischen Wirksamkeit gewährt wird. Die Porphyre zeigen daher allenthalben mehr oder weniger Merkmale von zerstörenden und umwandelnden Einflüssen.

Trotzdem lassen sich an den Halleschen Porphyren in der Neigung zur Verwitterung und daher in dem Grad der Intensität ihrer Äufserung deutliche Unterschiede wahrnehmen, die einerseits auf bestimmten petrographischen Eigenschaften zu beruhen, andererseits in der oro- und hydrographischen Beschaffenheit der Gegend ihre Erklärung zu finden scheinen. Im allgemeinen zeigt der ältere Porphyr einen Zustand weiterer Zersetzung als der jüngere; so ist frischer Orthoklas im älteren Porphyr anscheinend selten, während solcher im jüngeren, namentlich in den nördlichen Petersberger und in den Wettiner Gesteinstypen nicht unselten angetroffen wird. Die Ursache für die gröfsere Neigung des älteren Porphyrs zur Verwitterung liegt zweifellos in der weniger dichten Grundmasse und in der Gröfse der Feldspateinsprenglinge.

Neben dieser auf inneren Ursachen beruhenden Verschiedenheit der Porphyre in dem Verhalten gegen die Verwitterungsagentien scheint ferner eine gewisse Abhängigkeit

der Verwitterungserscheinungen von der Oberflächengestalt der Porphyrdecke und dem gesamten orographischen Bau der Gegend vorzuliegen. Es ist eine auffallende Tatsache, dafs die Porphyre, sowohl die älteren als die jüngeren, im südlichen, im allgemeinen flacheren und tiefer gelegenen Teile des Porphyrgebietes, also in der näheren Umgebung der Stadt Halle, eine weit intensivere Umwandlung zeigen, als die höher gelegenen Porphyre, namentlich der Porphyre des Petersberges und bei Wettin. Die steilere Böschung des Geländes an den letztgenannten Orten, welche ein schnelleres Abfliefsen der atmosphärischen Niederschläge, allerdings auch ein leichteres Fortspülen der Verwitterungsprodukte gestattet, mag hier zweifellos die wesentlichste Rolle spielen.

3. Verwitterungserscheinungen.

Während bei Laspeyres die Verwitterung der Halleschen Porphyre mit der Umwandlung der Eisensalze (Überführung des grünen Eisenoxydulsilikates in rotes Eisenoxyd) und der Umwandlung des Sanidins in Orthoklas beginnt, betrachten wir als ersten Schritt der Verwitterung eine mechanische Auflockerung des Gesteins, die stets mit dem chemischen Prozefs der Bleichung verbunden zu sein pflegt, so dafs diese beiden Vorgänge zur Bildung eines weifslichen, wenig kompakten bis grusartigen Produktes, des sogenannten „weifsen Porphyrs“, führen. Darauf oder gleichzeitig mit der Bleichung richten sich die Agentien der Verwitterung, sobald die Bedingungen hierfür vorhanden sind, gegen die mineralischen Bestandteile des Porphyrs, vor allem gegen die Feldspäte, wobei zweifellos mechanische und chemische Prozesse Hand in Hand gehen und sich gegenseitig in ihren Wirkungen unterstützen.

Die Bleichung des Porphyrs beruht auf der Fortführung des Eisenoxyds, welches die Grundmasse und die Ausscheidungen erfüllt und die Rotfärbung des Gesteins bedingt, durch die kohlensäurehaltigen Tagewässer, welche es auf Kluftflächen, Spalten und in Drusenräumen als Brauneisen wieder zum Absatz bringen und so dem Gestein eine schmutzigrostbraune Färbung geben können. Häufiger ist

jedoch ein weiterer Transport des Eisengehaltes, so dafs ein weifsliches Gestein zurückbleibt. Der der Bleichung entgegengesetzte Vorgang, eine Infiltration des Eisens durch Lösungen von den Spalten aus, wird verhältnismäfsig selten beobachtet.

Da die Bleichung vorherrschend an das Ausgehende der Gesteine gebunden ist, so bildet der weifse Porphyr eine Decke auf dem roten Porphyr, deren Mächtigkeit und oberflächliche Ausdehnung sehr schwankend ist, die aber in allen Steinbrüchen und an den Felswänden des Saaletales vorzüglich wahrzunehmen ist. Während jedoch in den Aufschlüssen von Wettin, Petersberg, Landsberg und anderen Orten diese weifse Porphyrzone in der Regel nur wenige Zentimeter stark ist, erreicht sie in dem südlichen Porphyrgebiet bei Halle eine beträchtliche Mächtigkeit, die bis zu mehreren Metern aufsteigen kann. Die schönste Ausbildung des weifsen Porphyrs zeigen die aus dem Saaletal sich schroff erhebenden Felspartien am Lehmannschen Garten (Sandfelsen) und weiterhin die Saaleberge zwischen Brachwitz und der Klinke. Ferner sind sämtliche Steinbruchswände nördlich von Halle und diejenigen von Dölau wie von einem mächtigen weifsen Saum eingefafst, und an dem jüngeren Porphyr zwischen Kröllwitz und Dölau (am sogenannten Halle-Lettiner Porphyr) nimmt man durchweg eine starke Bleichung der obersten Partien wahr.

Der Übergang vom weifsen, grusartigen zum roten Porphyr ist in der Regel nicht allmählich, sondern die weifse Schicht schneidet meist in fast gerader Linie gegen den roten Porphyr ab. Einen allmählichen Übergang der verwitterten Schichten in das unzersetzte Gestein beschreibt Geldmacher[1]) am Trothaer Felsen. Nicht selten kann man — so z. B. am Sandfelsen — ein Hinabziehen der Verwitterungsdecke längs einer Spalte oder eine parallel einer Kluft verlaufende Bleichung beobachten; beide Erscheinungen sind Anzeichen dafür, dafs die Verwitterung häufig zuerst an den Kluftflächen einsetzt (Fig. 1).

---

[1]) Geldmacher, Beiträge zur Verwitterung der Porphyre. Dissertation, Erlangen, 1889.



Endlich findet sich aber auch im Gegensatz zu der am Ausgehenden beobachteten bankweisen Verwitterung eine völlige Unregelmäfsigkeit in der Verteilung des weifsen und roten Porphyrs oder von Stellen, die stark, und solchen,

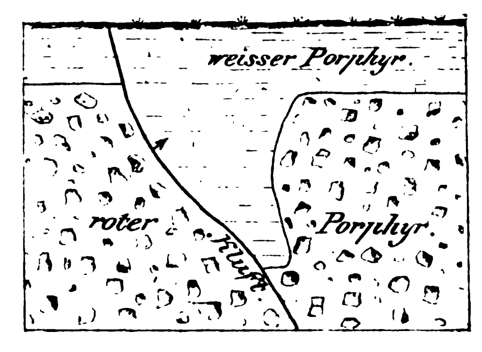


Fig. 1.

die garnicht von der Verwitterung ergriffen sind. So zeigen z. B. mehrere Aufschlüsse am Wege von Kröllwitz nach der Dölauer Heide völlig frische rotgefärbte Porphyrpartien von einem weifsen, grusartigen, mürben Porphyrmaterial umgeben und umgekehrt.

Steinbruch am Galgenberge.

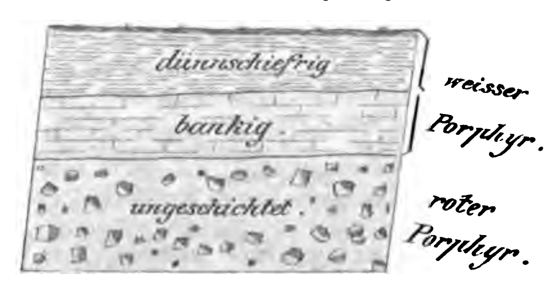


Fig. 2.

Die Zerrüttung und Auflockerung das mechanischen Gefüges des weifsen Porphyrs ist in den obersten Partien am stärksten und nimmt nach der Tiefe zu ab; hierbei findet oft, wie bei der Bleichung selbst, nicht ein allmählicher,

sondern ein unvermittelter, scharfbegrenzter Übergang des stärker zerklüfteten und in dünnen schiefrigen Platten abgesonderten in das kompaktere Gestein statt (Fig. 2).

Der durch den zerstörenden Einflufs der normalen Verwitterung erzeugte Grus ist meist von weifser bis aschgrauer, seltener von rostbrauner (Eisenoxyd) oder blaugrüner (Chlorit) Farbe; er ist grofs- bis kleinstückig, entweder würfelförmig, scharfkantig und hart, oder aber weich, brüchig und fast völlig zusammenhanglos. Die härteren Brocken sind nicht selten innen noch frisch und dunkler gefärbt, die weichen Brocken sind dagegen in ihrer ganzen Masse mürbe, zerreiblich und fühlen sich in feuchtem Zustande tonig an.

Profil am Wege von Lettin nach Schiepzig.

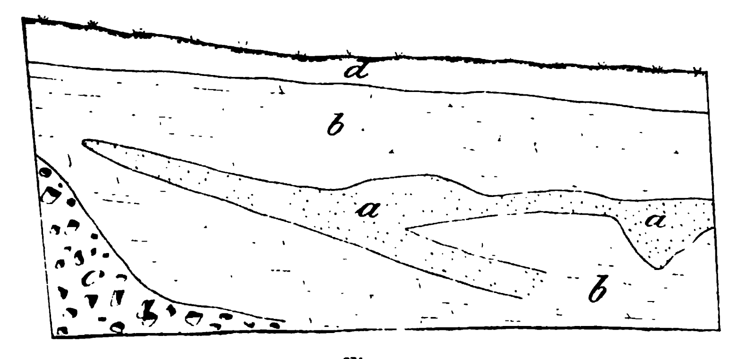


Fig. 3.

a = weifser bis gelber feiner Porphyrsand. *b* = stark verwitterter, gelockerter weifser Porphyr. *c* = fester roter Porphyr. *d* = Dammerde und Tertiär.

An einigen Stellen, so an einem Aufschlufs am Wege von Lettin nach Schiepzig und in dem westlichen Steinbruch am Badewege bei Dölau, findet sich innerhalb des zerklüfteten, grusartigen weifsen Porphyrs eine linsenähnliche, z. T. auch unregelmäfsig geformte, horizontal verlaufende Zone, in welcher der Grus (worunter man gemeinhin erbsen- bis haselnufsgrofse Gesteinsbruchstücke versteht) einen mehr feinsandigen bis pulverigen Charakter annimmt (Fig. 3).

Es scheint an den genannten Stellen jedoch nicht ausgeschlossen, dafs die weitgehende mechanische Zerstörung z. T. auf dynamischen Ursachen beruht.

Das letzte mechanische Zerfallprodukt der normalen Verwitterung ist ein feiner, erdiger, weifser bis schwefelgelber Mineralstaub, welcher den Grusstücken anhaftet, diese mehr oder weniger erfüllt und als Ausfüllung von Klüften, Spalten und Rifschen auftritt. Dieses feinste Verwitterungsprodukt findet sich in allen Steinbrüchen und sonstigen Aufschlüssen, vor allem wieder in denjenigen des südlichen Porphyrgebietes; es fühlt sich mager an, klebt an der Zunge und bildet mit etwas Wasser angerührt eine tonig-plastische Masse.

Betrachten wir nunmehr die Verwitterungserscheinungen an den einzelnen Bestandteilen des Porphyrs, vornehmlich an den Feldspäten, welche für den Kaolinisierungsprozefs ja ausschliefslich in Betracht kommen. Dafs die Plagioklase eine weit gröfsere Neigung zur Zersetzung haben als die Orthoklase, wurde schon erwähnt: sie ist — wie überall — auch an den Halleschen Porphyren wahrzunehmen. Der frische Zustand des Orthoklases wird durch eine fleischrote Färbung und durch einen lebhaften Perlmutterglanz auf den Spaltflächen gekennzeichnet. Der erste Schritt der Verwitterung äufsert sich in einer teilweisen oder gänzlichen Fortführung des Eisengehalts, wodurch die Färbung des Feldspats in ein schmutziges Grau oder in ein Weifs übergeht, und der Orthoklas dann kaum makrospisch von dem Plagioklas zu unterscheiden ist. Der Glanz auf den Spaltflächen nimmt mit dem Grade der Verwitterung ab und verschwindet bei stark zersetzten Feldspäten ganz. In gleicher Weise wird die Vollkommenheit der Spaltung und bei Plagioklasen die Wahrnehmung der Zwillingsstreifung unter dem Mikroskop durch die Verwitterung vermindert.

Der mechanische Einflufs der Verwitterung äufsert sich in einer Lockerung des Zusammenhalts der ganzen Masse und führt oft zur Zersprengung des Feldspats nach seinen Spaltflächen oder völligen Auswitterung aus dem Gestein. In ersterem Falle erhält der Feldspat ein zerfressenes oder drusiges, kavernöses Aussehen und zeigt nicht selten Einschlüsse von Pinitoid, Chorit und Eisenoxydhydrat.

Laspeyres hält diese „bimsteinartige Struktur“, die bisher nur am älteren Porphyr beobachtet ist, für eine ursprüngliche Bildung. Eine gleiche Erscheinung beschreibt Cohen[1]) an Porphyren des Odenwaldes und führt diese auf eine sekundäre Fortführung der Feldspatsubstanz zurück. Diese Erklärung, der auch v. Veltheim[2]) zuneigt, erscheint viel wahrscheinlicher als die Laspeyressche Annahme eines primären Zustandes. Chemische und mechanische Einflüsse können ferner die Plagioklase ganz oder zum Teil in eine erdige, weiche Masse verwandeln, welche leicht mit dem Messer aus der Grundmasse herausgekratzt werden kann.

Die auffallendste und an allen Porphyren beobachtete Erscheinung ist der aufserordentlich verschiedene Grad der Widerstandsfähigkeit sowohl der einzelnen Feldspatindividuen, als auch ihrer Teile gegen den Einflufs der verwitternden Kräfte. Die Ungleichheit in der Verwitterbarkeit der Feldspatmasse kann so grofs sein, dafs ein und dasselbe Mineral garnicht selten alle Stadien der Zersetzung zeigt. Die Ursache für dieses ungleiche Verhalten sucht Laspeyres in einer rein physikalischen, Bischof dagegen in einer physikalischen und chemischen Verschiedenheit des Kristalls — eine Ansicht, welche durch die Forschungen von F. Becke, R. Brauns u. a.[3]) über die Feldspäte, namentlich über die Zonarstruktur der Plagioklase, bestätigt worden ist. Die in der Literatur, u. a. auch bei Geldmacher für die Halleschen Feldspäte erwähnte Zersetzung „von innen nach aufsen“ beruht daher z. T. auf einer gröfseren Porosität, z. T. auf einer mehr basischen Zusammensetzung des Kernes.

An den von mir untersuchten Dünnschliffen Hallescher Porphyre habe ich jedoch viel häufiger neben einer gesetzmäfsigen Anordnung der Zersetzungsprodukte parallel den ursprünglichen Blätterdurchgängen eine völlig unregelmäfsige

---

[1]) Cohen, Die zur Dyas gehörigen Gesteine des südlichen Odenwaldes, 1871.

[2]) v. Veltheim, Geognostische Betrachtung der alten Sandsteinformation am Harz und in den nördlich und östlich davon belegenen Landstrichen. 2 Bde. Manuskript, Kgl. Oberbergamt zu Halle a. S.

[3]) Tschermaks Mitteilungen, 17, 1897, 97 u. 485. — Rosenbusch und Wülfing, Mikroskopische Physiographie, I, 2, S. 335.

Verteilung derselben beobachtet. Makroskopisch erhält der Feldspat durch die Bildung von Zersetzungsprodukten ein derbes, trübes Aussehen. Die Neubildungen, die entweder nur stellenweise auftreten oder aber mehr oder weniger den ganzen Feldspat unter Beibehaltung der scharfen Kristallumrisse erfüllen können, erweisen sich unter dem Mikroskop als farblose Aggregate von nicht immer gleich polarisierenden Substanzen: in der Regel sind sie schuppen- oder nadelförmig und zeigen dann eine hohe Doppelbrechung, seltener bilden sie feine Schuppen oder Flocken mit niedriger Doppelbrechung. Die an den Dünnschliffen wahrgenommenen Verwitterungsprodukte sind somit im wesentlichen sericitischer Natur, und nur die feinschuppigen Aggregate mit sehr niedriger Doppelbrechung können als kaolinitische gedeutet werden.

Von den übrigen wesentlichen Bestandteilen des Porphyrs bleibt der Quarz chemisch unverändert, während die Biotite meist Zersetzungsmerkmale aufweisen. Die Verwitterung bewirkt an ihnen eine Bleichung und Überführung in Muskovit, wobei neben der Eigenfarbe der Pleochroismus verloren geht, oder eine Umwandlung in grünen Chlorit. Teilweise geht der Biotit gänzlich in Brauneisen über. Andererseits ist er in einigen Porphyren, vornehmlich in dem Wettiner und Lettiner Porphyr, von der Atmosphäre wenig angegriffen und gut erhalten.

In der Grundmasse sind die Verwitterungsprodukte — vor allem in der dichten Grundmasse des jüngeren Porphyrs — häufig unbestimmbar. Im allgemeinen bilden sie auch hier in der Regel feinschuppige Aggregate, die zwischen gekreuzten Nikols beim Drehen des Objekttisches meist sehr stark, zuweilen aber auch sehr schwach aufhellen. Die Neubildungen sind somit auch hier — soweit die Wahrnehmungen im Dünnschliff in Betracht kommen — zweifellos im wesentlichen sericitischer Natur.

4. Beziehungen zwischen der Verwitterbarkeit der Grundmasse und derjenigen der Einsprenglinge.

Eine grofse Bedeutung erlangen die Beziehungen zwischen der Verwitterbarkeit der Einsprenglinge und der Grundmasse dadurch, dafs Rösler aus ihnen charakte-

ristische Unterschiede zwischen den Erscheinungen der normalen Verwitterung und denjenigen der echten Koalinisierung herleitet: nach RÖSLER werden bei der Verwitterung zuerst die Feldspäte der Grundmasse, dann die Einsprenglinge zersetzt, während umgekehrt bei der Kaolinisierung die Feldspateinsprenglinge eher der chemischen Zersetzung anheimfallen als die Feldspäte der Grundmasse. Hierfür spräche das häufige Vorkommen von unversehrten, losen Feldspäten. Diese Ansicht RÖSLERS steht — soweit die Halleschen Porphyre in Betracht gezogen werden — im Gegensatz zu den Ausführungen anderer Autoren, namentlich von v. VELTHEIM und LASPEYRES.[1]) Auch GELDMACHER führt an, dafs im allgemeinen die Feldspäte eher verwittern als die Partien der Grundmasse, und will die Umkehrung nur beim älteren Porphyr gelten lassen, in welchem LASPEYRES lose Feldspatkristalle im Gebirgsschutt gefunden hat. Trotzdem ist aber LASPEYRES der Ansicht, dafs die Grundmasse als inniges Gemenge von Quarz und Feldspat meist etwas weniger Neigung zum Verwittern hat als die Einsprenglinge. v. VELTHEIM vertritt sogar die Auffassung, dafs die Verwitterung gewöhnlich die Feldspatkristalle viel früher ergreift als die Hauptmasse, und stützt diese auf Beobachtungen gerade am älteren Porphyr. Die makroskopische Betrachtung läfst allerdings wohl meist die Verwitterung in den Ausscheidungen beginnen; doch ist immerhin zu bedenken, dafs eine beginnende Zersetzung der Grundmasse durch den blofsen Augenschein nicht immer wahrgenommen wird, und dafs die Härte der Grundmasse allein kein ausreichender Beweis für ihre Unzersetzbarkeit ist.

Die Beobachtungen liefern meines Erachtens nur einen weiteren Beweis dafür, dafs die Verwitterungsfähigkeit der Feldspatmineralien aufserordentlich verschieden sein kann und sicherlich schon von sehr geringen physikalischen und chemischen Unterschieden abhängt, und dafs es daher nicht

[1]) v. Veltheim, Geognostische Betrachtung usw. (Manuskript). — H. Laspeyres, Beitrag zur Kenntnis der Porphyre und petrographische Beschreibung der quarzführenden Porphyre in der Umgegend von Halle a. S. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft XVI, 1864.

berechtigt erscheint, eine **feste** Regel über einen verschiedenen Grad der Verwitterungsfähigkeit der Grundmasse und der Einsprenglinge aufzustellen, wenngleich ich im allgemeinen im LASPEYRESschen Sinne der Ansicht zuneige, dafs die dichte Grundmasse durch die innige Verwachsung von Quarz und Feldspat den Agentien der Zersetzung (welcher Art diese auch sein mögen) mehr Widerstand entgegensetzt als die grofse Angriffsflächen darbietenden Feldspäte.

Von den accessorischen Mineralien des Halleschen Porphyrs wird der sehr häufige Apatit und der namentlich im älteren Porphyr auftretende Zirkon von der Verwitterung anscheinend nicht angegriffen.

5. Kluftausfüllungen, Kluftmineralien und Pseudomorphosen.

Ein weiteres Mittel zur Erkenntnis der Verwitterungsvorgänge bilden die Kluftausfüllungen, die sekundären Kluftmineralien und die Pseudomorphosen. Die Ausfüllung feinster Klüfte, Spalten und Risse mit einem weifslichen bis schwefelgelben Mineralstaub, namentlich in fast allen Aufschlüssen des südlichen Porphyrgebietes, wurde schon oben erwähnt. Daneben findet sich oft an denselben Orten, an denen der Porphyr weitgehend zersetzt ist, als Ausfüllung kleinerer und gröfserer Spalten in der Nähe der Erdoberfläche ein grünliches, dichtes, fettig bis talkig anfühlendes Mineral, welches zweifellos ein Verwitterungsprodukt der Porphyre darstellt und meist von oben in die Spalten eingeschlemmt sein dürfte. Dieses Mineral, welches ich vor allem im Porphyr der Peifsnitz, des Weinberges und bei Lettin beobachtet habe, ist schon bei LASPEYRES, HOFFMANN und ANDRAE Gegenstand lebhafter Erörterungen gewesen. HOFFMANN[1]) hielt es für Speckstein, weil es grünlich gefärbt ist und sich fettig anfühlt. Von LEONHARD wurde es als Steinmark, von LASPEYRES als „unreines, talkhaltiges Kaolin" angesehen. Die neueren Beobachtungen

[1]) Siehe Laspeyres a. a. O. S. 387 ff.

von HAASE[1]) haben einen weiteren wertvollen Beitrag zur Kenntnis dieser Kluftausfüllung geliefert. HAASE fand als Kluftmineral im Schwertzer Porphyr, vergesellschaftet mit Sericitkristallen, ein Mineral, das mit Sicherheit als Talk bestimmt wurde. Aus dem Zusammenvorkommen mit Sericit, insbesondere aus dem Vorhandensein unzerstörter Sericitreste in der Talksubstanz zieht HAASE den Schlufs, dafs der Talk durch Verwitterung des Sericits neben Kaolin entstanden ist, und dafs das talkige Anfühlen des Minerals von einer oberflächlichen Umwandlung des Sericits in Talk herrührt. Hiernach erscheint es wahrscheinlich, dafs auch die grüne „talkige" Ausfüllungsmasse nicht Talk, sondern ein im wesentlichen sericitisches Verwitterungsprodukt darstellt. LASPEYRES[2]) erwähnt schliefslich als Ausfüllung von Klüften und als feinen Überzug von Spalten am LEHMANNschen Garten ein grünbläuliches, erdiges Mineral, welches als Chromocker mehrfach beschrieben worden ist, und welches LASPEYRES als einen durch Eisen- und Chromoxydhydrat gefärbten Kaolin ansieht. Durch die geringe Erstreckung in die Tiefe war die Natur des Minerals als eines von oben eingeschlämmten oder an Ort und Stelle gebildeten Verwitterungsproduktes sicher gestellt. Die von DUFLOS[2]) ausgeführte Analyse — ihre Richtigkeit vorausgesetzt — läfst durch den hohen Wassergehalt (12,44 %) und den niedrigen Alkaliengehalt in der Tat kaum einen Zweifel übrig, dafs hier ein Produkt vorlag, welches neben anderen Mineralien Kaolinit enthielt. Die Aufrechnung des Alkaligehaltes auf unzersetzten Feldspat erscheint allerdings nicht gerechtfertigt, da die Anwesenheit sericitischer Verwitterungsprodukte auf alle Fälle anzunehmen ist.

Von den aus der Zersetzung der Feldspäte hervorgegangenen sekundären Mineralien verdient in erster Linie der Pinitoid genannt zu werden, welcher als Neubildung auf Klüften, Spalten und in Hohlräumen und als Pseudomorphose nach Feldspat auftritt und namentlich am Petersberge und an der Liebecke bei Wettin vergesellschaftet mit

[1]) Haase, Über ein neues Vorkommen von Sericit und Talk, Zeitschrift für Naturwissenschaften, 1904, Bd. 76.

[2]) H. Laspeyres, Beitrag zur Kenntnis der Porphyre usw. S. 447 ff.

anderen sekundären Mineralien, wie Flufsspat, Chlorit und Kalkspat, sehr häufig ist. Die ölgrüne bis hellgrüne, dicht erscheinende und fettig anfühlende Substanz wurde durch HAASE[1]) als Pinitoid bestimmt, da ihre Eigenschaften mit den von KNOP[2]) für den Pinitoid beschriebenen übereinstimmten. Unter dem Mikroskop erweist sich der grüne frische Pinitoid als ein feinschuppiges, stark doppelbrechendes Aggregat und gibt sich hierdurch als ein dem Sericit sehr verwandtes Mineral zu erkennen, von dem er sich lediglich durch seinen dichten Habitus unterscheidet. Jedoch läfst schon die makroskopische Betrachtung ein verschiedenes Verhalten der dunkleren, ölgrünen Partien und der helleren, weifslich gefärbten und weicheren Randpartien erkennen: die ersteren fühlen sich fettig an und kleben nicht an der Zunge, die letzteren fühlen sich mager an und kleben an der Zunge. Vor dem Lötrohr ist die grüne Masse schwer schmelzbar, die weifse dagegen ganz unschmelzbar. Diese Beobachtungen führten HAASE zu der Folgerung, dafs der Pinitoid durch den Einflufs der Atmosphärilien in Kaolinit übergeht. Diese für die Beziehungen zwischen Verwitterung und Kaolinisierung überaus wichtige Auffassung wurde durch die mikroskopische Untersuchung mehrerer Quetschpräparate des weifsen verwitterten Pinitoids vom Petersberg, welche ich in Gemeinschaft mit Herrn HAASE ausführte, bestätigt: neben den Glimmerblättchen zeigten sich stets feinschuppige Aggregate, welche die später zu beschreibenden Merkmale des Kaolinits aufwiesen.

Der Hallesche Pinitoid findet ein bemerkenswertes Analogon in den Feldspatpseudomorphosen vom Raubschlöfschen und Wagenberg im Odenwalde, welche COHEN in seiner oben zitierten Arbeit beschreibt, und deren pinitoidische Natur er analytisch nachweist, nachdem sie von früheren Autoren für Pseudomorphosen von Speckstein und Kaolin gehalten worden waren. Diese Pseudomorphosen[3])

---

[1]) E. Haase, Beiträge zur petrographischen Kenntnis der kleinkristallinen Porphyre aus der Umgegend nördlich von Halle a. S. Manuskript.

[2]) Neues Jahrbuch, 1859, S. 569.

[3]) a. a. O. S. 117.

zeigen nun in gleicher Weise wie die Halleschen Vorkommen neben ölgrünen, fettig anfühlenden, harten Partien solche, von welchen COHEN „nach der geringeren Härte, der helleren Farbe, der schwereren Schmelzbarkeit und dem schimmernden Glanz vermutet, daſs sie etwas abweichend zusammengesetzt sind und einen Zersetzungszustand repräsentieren, welcher dem Kaolin näher steht als dem echten Pinitoid."

Die Umwandlung des aus der Zersetzung des Feldspats hervorgegangenen Pinitoids in Kaolinit, für welche eine andere Ursache als die Verwitterung anzunehmen kein Grund vorliegt, ist somit zweifellos als eine wichtige Stütze der alten Verwitterungshypothese anzusehen.

Die bei dem Verwitterungsprozeſs frei gewordene Kieselsäure kann entweder kleinere oder gröſsere Gesteinspartien gleichmäſsig durchdringen, diese silifizieren, oder aber sie wird fortgeführt und auf Klüften und in Hohlräumen als Quarz, Chalcedon oder Opal zum Absatz gebracht.

6. Mineralogische und chemische Untersuchungen der Verwitterungsprodukte.

Wenn schon die vorhergehenden Betrachtungen gezeigt haben, daſs die Verwitterung Produkte zu erzeugen vermag, die zwar meist sericitischer Natur sind, z. T. aber auch kaolinitischer Natur sein können, so glaube ich ferner durch einige mineralogisch-optische und chemische Untersuchungen von Verwitterungsprodukten einen Beitrag zu der wichtigen Frage: „Führt die Verwitterung zur Bildung von Kaolinit oder nicht?" liefern zu können. Ich richtete hierbei mein Hauptaugenmerk auf Produkte aus der weiſsen Verwitterungsdecke der Porphyre, da für diese auf Grund ihrer Unterlagerung durch festen unzersetzten Porphyr ein anderes als ein von oben wirkendes umwandelndes Agens ausgeschlossen ist. Die Dünnschliffe von festen Porphyrstücken gestatten nicht, die Endprodukte der Zersetzung wahrzunehmen; vielmehr sind diese, da es sicher erscheint, daſs mit der mechanischen Zerlegung des Minerals die chemische Zersetzung desselben Hand in Hand geht, in dem feinsten Zerfallprodukt, in dem Mineralstaub und in den sonstigen erdigen Ausfüllungen von Klüften und Rissen zu suchen.

Aber auch der feinste Mineralstaub wird naturgemäfs noch unzersetzte Mineralteile, Feldspäte und vor allem Quarz enthalten, so dafs es zweckmäfsig erscheint, selbst in diesem die zu untersuchenden Zersetzungsprodukte durch geeignete Methoden zu konzentrieren und so viel als möglich von den übrigen Mineralresten zu trennen. Dies erfolgt am besten durch das bei der Untersuchung der Kaoline übliche Schlämmverfahren nach E. Schöne, wobei nach den Angaben von Seger[1]) über die Sonderung der Tonsubstanz von den sandigen Beimengungen die Höhe der Wassersäule im Piezometerrohr so gewählt wird, dafs sie einer Stromgeschwindigkeit von $v = 0{,}018$ cm in der Sekunde entspricht. Die hierbei übergehenden Teilchen stellen die feinsten Zersetzungsprodukte dar, während die unzersetzten Beimengungen (Feldspat und Quarz) im Schlämmtrichter zurückbleiben.

Diesem vorbereitenden Verfahren zur Erhaltung eines geeigneten Untersuchungsmaterials wurden folgende Proben unterworfen:

Nr. 1. Feinste, staubförmige Zerfallprodukte aus der weifsen Porphyrzone der Peifsnitz;

Nr. 2. Desgleichen vom Sandfelsen (Lehmannscher Garten);

Nr. 3. Desgleichen vom Weinberge;

Nr. 4. Desgleichen vom Wegeaufschlufs bei Lettin.

Der Mineralstaub wurde durch Abspülen von Grusstücken erhalten. Dieser Grus zeigte sich namentlich am Sandfelsen (Probe Nr. 2) und auf der Peifsnitz (Probe Nr. 1) sehr weitgehend zersetzt, bröcklig und ohne Zusammenhalt. In den verwitterten Brocken der Probe Nr. 1 waren vielfach die Feldspäte in eine weifse erdige Masse verwandelt, die sich leicht von der ebenfalls stark zersetzten Grundmasse trennen liefs. Das getrocknete Schlämmprodukt war schneeweifs (Nr. 1 und 2) oder weifs mit einem Stich ins Gelbe (Nr. 4) oder Graue (Nr. 3).

---

[1]) Seger, Gesammelte Schriften.

Nr. 5. Schneeweifs gefärbte, sehr mürbe Porphyrbrocken, die sich leicht zu einem weifsen Pulver zerdrücken liefsen, vom Sandfelsen.

Nr. 6. An den steilen Porphyrwänden des Sandfelsens beobachtete ich nach einem Regen Streifen weifslich gefärbten tonigen Materials, welche von der Zone des weifsen Porphyrs ausgingen und sich an den Abhängen des roten Porphyrs deutlich abhoben. Dieses durch die Tagewässer herausgeschlämmte Verwitterungsprodukt lieferte die Probe Nr. 6.

Nr. 7. Grünes talkähnliches Kluftmineral vom Weinberg, welches von oben eingeschlämmtes Verwitterungsmaterial darstellt.

Die erhaltenen Schlämmprodukte aller dieser Proben zeigten in ihren äufseren Eigenschaften eine völlige Übereinstimmung mit den in derselben Weise erhaltenen Tonsubstanzen echter Kaoline.

Die Untersuchung der auf diese Weise erhaltenen Zersetzungsprodukte wird ihre Aufgabe darin zu erblicken haben, die mineralische Natur derselben darzulegen oder mit anderen Worten zu entscheiden, ob diese nur sericitische oder aber auch kaolinitische Substanzen enthalten.

Die zur Unterscheidung von Sericit und Kaolinit dienenden Hilfsmittel und Methoden sind einmal die chemische Analyse und dann die mineraloptische Untersuchung. Die aufserordentlich nahe Verwandtschaft des Kaolinits zum Muskovit bezw. Sericit, der nach früheren und neueren Untersuchungen sich wie Kaliglimmer verhält, zeigt sich nicht allein in seiner chemischen Konstitution, sondern auch in seinen physikalischen, insbesondere seinen kristallographischen Eigenschaften, welche im wesentlichen mit denen des Muskovits übereinstimmen. Die äufseren Unterscheidungsmerkmale der beiden Mineralien (Farbe, Geruch, Gefühl) bilden naturgemäfs kein ausreichendes Kriterium zur Entscheidung des Charakters. In chemischer Hinsicht wird zwar der Kaolinit durch den Mangel an Alkalien und den sehr hohen Wassergehalt charakterisiert, doch wird

die Deutung der Analyse eines Verwitterungsproduktes in dem Maſse erschwert, als noch unzersetzte Mineralbestandteile und vor allem andere, alkalihaltige Zersetzungsprodukte, die auch durch das Verfahren der rationellen Analyse nicht entfernt werden können, vorhanden sind.

Neben der chemischen Analyse bleibt als Hilfsmittel zu der Unterscheidung von Sericit und Kaolinit die mikroskopische Untersuchung, die sich vornehmlich auf die verschiedene Höhe der Doppelbrechung beider Mineralien bezieht. Diese Verschiedenheit des optischen Verhaltens ist erst neuerdings erkannt worden; denn in dem grundlegenden Werk von Michel Lévy und Lacroix, „Les Minéraux des Roches“ (1888), finden wir über die optischen Eigenschaften des Kaolinits nur die kurze Bemerkung: „réfringence et biréfringence (sont) analogues à celles du mica blanc“, und noch Zirkel läſst in seinem Lehrbuche 1901 die Doppelbrechung des Kaolinits nur unerheblich von der der Muskovits abweichen.

Nach Weinschenk[1]) betragen jedoch die Hauptbrechungsindices beim Muskovit für

α	β	γ
1,562	1,595	1,603

so daſs sich die starke Doppelbrechung von $\gamma - \alpha = 0{,}041$ ergibt, dem beim Kaolinit die mittlere Lichtbrechung $\beta = 1{,}55$ und eine $\gamma - \alpha = 0{,}008$ betragende Doppelbrechung gegenübersteht. Bei Kristallen oder sonstwie orientierten Aggregaten führt ferner die Neigung der negativen Bisectrix gegen die Flächennormale $\mathfrak{a} : \mathfrak{c}$, welche beim Kaolinit $\backsim 12^0$, beim Muskovit dagegen von $0^0\ 5'$ bis kaum 2^0 in spitzem $\sphericalangle\ \beta$ beträgt, zu der sicheren Unterscheidung der beiden Mineralien.

Zur mineralogisch-optischen Untersuchung wurden von jedem der auf oben beschriebenen Weise erhaltenen Verwitterungsmaterialien mehrere Proben in Kanadabalsam gebettet; in der gleichen Weise wurden Präparate von ebenso feingeschlämmten echten Kaolinen verschiedener Güte

[1]) Weinschenk, Grundzüge der Gesteinskunde, 1906, und Die gesteinsbildenden Mineralien, 1901.

aus der Grube BAENSCH in Dölau bei Halle hergestellt, um das Verhalten der letzteren im polarisierten Lichte mit dem der Verwitterungsprodokte vergleichen zu können. Da sämtliche Proben nach einem einheitlichen Verfahren und unter stets gleichbleibenden Bedingungen vorbereitet und erhalten wurden, so mufsten aus dem Vergleich der optischen Bilder Schlüsse auf den Charakter der Verwitterungsprodukte, vor allem auf ein Vorhandensein oder Fehlen von Kaolinit, zu erwarten sein.

Die mit einem SEIBERTschen Mikroskop vorgenommenen Untersuchungen im parallel-polarisierten Licht führten zu folgenden Resultaten:

1. Die mikroskopischen Bilder der Verwitterungsproben zeigten unter sich und mit denen der echten Kaoline im wesentlichen eine völlige Übereinstimmung.

2. Sämtliche Proben, auch die der besten Porzellanerden, erwiesen sich als ein mechanisches Gemenge von Kaolinit und Glimmer neben geringen Mengen von Quarz und Feldspatresten.

3. Die Proben unterschieden sich lediglich durch das Quantitätsverhältnis zwischen Glimmer und Kaolinit.

Da die Proben der reinen Porzellanerden am wenigsten fremde Beimengungen enthielten, so gestatteten diese in erster Linie die Eigenschaften des Kaolinits, insbesondere sein Verhalten im polarisierten Licht, kennen zu lernen. Die an den reinsten Kaolinen gemachten optischen Beobachtungen, welche im wesentlichen mit den in der Literatur beschriebenen übereinstimmten, liefsen sich an sämtlichen Proben der Rohkaoline und der Verwitterungsprodukte wiederholen.

Kristalle von Kaolinit wurden, wie zu erwarten war, in keiner der untersuchten Proben gefunden. Die Kaolinite zeigten sich vielmehr in der Regel als ebene, dünne Blättchen oder Schüppchen von schwankender Gröfse und sehr unregelmäfsiger Form. Abgesehen von einigen gröfseren Blättchen (von denen das eine z. B. $0{,}028 \times 0{,}004$ mm mafs) war die Hauptmasse derselben weit geringer dimensioniert

und sank bis zu kleinen, fetzenförmigen Partikelchen und bis zu winzigen, fast kaum sichtbaren Pünktchen und Flittern herab. Vereinzelt wurden sowohl an den Kaolin- als an den Verwitterungsproben längliche, stabförmige Individuen beobachtet; der Durchschnitt von zwölf Messungen war 0,01 × 0,002 mm.

Mehrere solcher belonitartiger Aggregate zeigten eine stern- oder fächerförmige (+ Y Y) Anordnung.

In gewöhnlichem Lichte waren die feinblättrigen Kaolinitaggregrate farblos bis schwach gelblich gefärbt, durchsichtig und mit schwachem Perlmutterglanz. Die Lichtbrechung ist um weniges geringer als Kanadabalsam (1,549).

Die sehr schwache Doppelbrechung war zwischen gekreuzten Nikols an den gröſseren Schuppen und Fetzen deutlich, an den winzigen Pünktchen dagegen erst bei schärfster Beobachtung wahrzunehmen. Die Interferenzfarbe war graublau bis graulichweiſs, nur selten bis zum Weiſs I. Ordnung aufsteigend. Anhäufungen von Kaolinitblättchen zeigten Aggregatpolarisation oder bildeten trübe und undurchsichtige, milchige oder bräunlich gefärbte Massen ohne jegliche Einwirkung auf das polarisierte Licht.

Als steter Begleiter des Kaolinits trat in sämtlichen untersuchten Proben der Glimmer auf. Die Glimmerblättchen unterschieden sich von den Kaolinitschüppchen durch ihre Form, vor allem durch die hohe Doppelbrechung, vermöge deren sie selbst bei weitgehender Kleinheit unter dem Mikroskop sehr leicht wahrgenommen werden konnten.

Die Sericitblättchen waren im allgemeinen von gröſseren Dimensionen als diejenigen des Kaolinits, zeigten zwar in der Regel unregelmäſsige Gestalt, doch lieſsen sie nicht selten hexagonale Umrisse erkennen. Sie traten im Gesichtsfelde entweder als isolierte Individuen auf und erreichten dann oft eine beträchtliche Gröſse (Durchschnitt von zehn Messungen = 0,024 × 0,015 mm), oder aber sie bildeten Anhäufungen und Gruppen, vermischt mit Kaolinitaggregaten. Auſser in Form von Blättchen erschien der Sericit in feinen einzelnen Nadeln oder büschelförmigen und parallelfasrigen Partien; letztere hatten oft noch die Gestalt von Feldspatresten, aus denen sie durch Zersetzung hervorgegangen sind.

Der Brechungsexponent war höher als der des Kanadabalsams. Die Doppelbrechung ist — wie erwähnt — sehr hoch, so dafs die Sericitaggregate zwischen gekreuzten Nikols sehr lebhafte Interferenzfarben aufweisen. Die gröfseren Blättchen zeigten in der Regel zwei bis drei, den Umrissen parallele und bis zum Rot II. und III. Ordnung aufsteigende Farbenstreifen, während die kleinsten, mehr nadelförmigen Sericitflitter in einem sehr hohen Weifs I. Ordnung, die gröfseren parallelfasrigen Bündel in den Polarisationsfarben lebhaft gelb bis rot erschienen. Die Auslöschung erfolgte parallel der Längsrichtung der Fasern. Quarzkörnchen waren nur in geringen Mengen vorhanden und wurden durch Form, muschligen Bruch und die sonstigen optischen Eigenschaften bestimmt. Ebenso untergeordnet traten in den Proben Feldspäte in Form von geradlinig umgrenzten, schwach doppelbrechenden Fragmenten auf.

Soweit eine Schätzung des gegenseitigen Mengenverhältnisses in den Präparaten möglich und zulässig war, schienen namentlich die Proben vom Sandfelsen und der Peifsnitz sehr reich an Kaolinit zu sein, während in denjenigen vom Weinberg der Kaolinit anscheinend an Menge durch den Glimmer übertroffen wurde.

Neben der mineralogischen Untersuchung vermag die chemische Analyse einen Aufschlufs über die Natur der Verwitterungsprodukte zu geben. Da in den Proben derselben den Kaolinen ähnliche Mineralgemenge vorlagen, so wurde für ihre Untersuchung zweckmäfsig der bei Kaolinen und Tonen übliche Untersuchungsweg eingeschlagen. Bei diesem wird die Gesamtanalyse durch die sogenannte „rationelle Analyse“ ergänzt, die darauf beruht, dafs die von der Zersetzung ergriffenen Mineralien durch Einwirkung von heifser konzentrierter Schwefelsäure zersetzt und durch Auslaugen mit Kalilauge von den unverwitterten Bestandteilen (Feldspat, Quarz) getrennt werden. Nach Ermittelung der elementaren Zusammensetzung der unzersetzten Mineraltrümmer im Rückstande ergibt die Differenz der Bestandteile der rationellen Analyse von denjenigen der Gesamtanalyse die durch die Schwefelsäure gelösten Anteile der Substanz.

SEGER[1]) vertrat die Ansicht, daſs diese in ihrer Gesamtheit einen chemisch einheitlichen Körper darstellen, und nannte den letzteren „Tonsubstanz". Er betrachtete daher in dieser Tonsubstanz nicht allein das Fe_2O_3 als isomorphen Vertreter des Al_2O_3, sondern auch die Monoxyde K_2O, Na_2O, CaO, MgO als Vertreter des Hydratwassers. Diese Auffassung ist sicherlich falsch, wie auch LOESER[2]) auf Grund vergleichender Studien über die Äquivalenzverhältnisse bei Tonen nachzuweisen sucht. Die SEGERsche Berechnungsweise, nach welcher die Sesquioxyde zu der Kieselsäure und den gesamten Monoxyden in Verhältnis gesetzt werden, führt nur bei reinen Kaolinen zu annehmbaren Resultaten, während sie bei Tonen vollständig versagt. Da in dem Nontronit ein Mineral vorkommt, welches sich von dem Kaolinit nur dadurch unterscheidet, daſs in ihm die gesamte Tonerde durch Eisen ersetzt ist, so wird man auch bei Kaolinen eine teilweise Vertretung des Al_2O_3 durch Fe_2O_3 mit Sicherheit annehmen können; dagegen scheint die Vertretung des Konstitutionswassers durch FeO, CaO, MgO, K_2O, Na_2O nicht berechtigt zu sein. Die Monoxyde, vor allem die nie fehlenden Alkalien, rühren vielmehr von anderen Beimengungen her, die Zersetzungsprodukte der primären Mineralien, also vermutlich meist basische Silikate der Alkalien und Erdalkalien darstellen. Bei Tonen werden neben solchen Silikaten Karbonate, Phosphate, Sulfate nebst freiem Eisenoxydhydrat anzunehmen sein.

Die SEGERsche Tonsubstanz ist somit kein einheitlicher chemischer Begriff, sondern stellt selbst bei den reinsten Kaolinen ein Mineralgemenge dar, bestehend aus der mit dem Kaolinit identischen „rein gedachten Tonsubstanz", in deren chemischer Konstitution lediglich an Stelle des Aluminiums äquivalente Mengen von Eisen vorhanden sein können, und andern als mechanische Verunreinigungen

---

[1]) Seger, Gesammelte Schriften; insbesondere: Zur chemischen Konstitution der Tone, 1876; Beitrag zur besseren Kenntnis der Kaoline, 1876; Über die Konstitution der plastischen Tone, 1877.

[2]) Loeser, Kritische Betrachtung einiger Untersuchungsmethoden der Kaoline und Tone, Halle, 1905.

anzusehende Verbindungen, deren Natur oft nicht im einzelnen bestimmbar ist.

Zur chemisch-analytischen Untersuchung nach dem kombinierten Verfahren der exakten und der rationellen Analyse verwendete ich das gesiebte und feingepulverte Material aus der weifsen Verwitterungszone des älteren Porphyrs auf der Peifsnitz.

Die qualitative Untersuchung der Probe ergab das Vorhandensein von

SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO, Alkalien, H_2O und SO_3.

Die Ergebnisse der exakten und der rationellen Analyse sind die folgenden:

a) Gesamtanalyse.

SiO_2	51,05 %
Al_2O_3	27,07 %
Fe_2O_3	5,51 %
CaO	1,01 %
MgO	2,09 %
SO_3	1,45 %
H_2O	10,30 %
Alkalien als Rest	1,52 %
	100,00 %

b) Rationelle Analyse.

In konzentrierter H_2SO_4 lösliche Anteile 88,45 %
„ „ „ unlösliche „ 11,55 %

	Zusammensetzung des Rückstandes	
	1. Bezogen auf die Substanz	2. Bezogen auf den Rückstand
SiO_2	8,83 %	76,40 %
Al_2O_3	1,44 %	12,49 %
Fe_2O_3	0,08 %	0,70 %
CaO	0,12 %	1,07 %
MgO	0,04 %	0,30 %
SO_3	—	—
H_2O	—	—
Alkalien	1,04 %	9,04 %
	11,55 %	100,00 %

Bei der analytischen Untersuchung wurden folgende Bestimmungsmethoden benutzt:

Bei der Gesamtanalyse wurde das Silikat durch Schmelzen mit kohlensaurem Natronkali im Platintiegel aufgeschlossen, die mit Wasser aufgeweichte Schmelze mit HCl zersetzt und dann wiederholt eingedampft. Die hierbei gebildeten basischen Metallsalze (Al und Fe) wurden durch längeres Einwirkenlassen von konzentrierter HCl auf den zerriebenen Rückstand wieder in Lösung gebracht, und die nach Verdünnung des Rückstandes mit heifsem Wasser zurückbleibende Kieselsäure zwecks völliger Abscheidung basischer Eisensalze durch mehrmalige Behandlung mit konzentrierter HCl gereinigt. Mit dem zur Trockne eingedampften Filtrate wurde nunmehr die Bestimmung der Kieselsäure wiederholt, da infolge der oftmaligen Behandlung derselben mit konzentrierter HCl stets gewisse Mengen Kieselsäure in Lösung gehen. Hierauf beruht übrigens die bei Silikatanalysen häufige ungenaue Bestimmung der Kieselsäure bei einmaliger Ausscheidung; bei der vorliegenden Untersuchung ergab z. B. die zweite Bestimmung noch 2,31 % Kieselsäure.

Aluminium und Eisen wurden gemeinsam durch NH_3 als Oxydhydrat ausgeschieden und die Summe der Sesquioxyde $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ bestimmt. Zur Trennung der beiden Oxyde wurden sie darauf durch Schmelzen mit Kaliumpyrosulfat in Lösung gebracht, und das Eisen durch KOH als $Fe(OH)_3$ gefällt. Da der Eisenniederschlag geringe Mengen KOH zurückhält, wurde er durch HCl wieder aufgelöst, und das Eisen durch NH_3 als Oxydhydrat von neuem gefällt. Der Gehalt an Al_2O_3 ergab sich aus der Differenz von $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ und Fe_2O_3.

Das Calcium wurde in üblicher Weise durch Fällung mittelst oxalsaurem Ammoniak als Calciumoxalat und das Magnesium durch Fällung mittelst Dinatriumphosphat als phosphorsaure Ammoniakmagnesia erhalten. Die Schwefelsäure wurde durch $BaCl_2$ als $BaSO_4$ gefällt und der Niederschlag von den mitgefällten Alkalisalzen dadurch befreit, dafs er in heifser konzentrierter H_2SO_4 gelöst und die

Lösung in Wasser gegossen wurde,[1]) wodurch sich schwefelsaures Baryum frei von Beimengungen ausschied.

Die Menge des chemisch gebundenen Wassers ergab sich aus dem Gewichtsverlust nach dem Glühen vor dem Gebläse.

Da die Fehlergrenze bei direkter Alkalienbestimmung bekanntlich sehr hoch ist,[2]) so wurde auf die Ausführung der vorhergehenden Bestimmungen die gröfste Sorgfalt verwendet und der Alkaliengehalt restlich bestimmt.

Bei der rationellen Analyse wurden durch mehrmaliges Eindampfen und Abrauchen einer Probe mit konzentrierter H_2SO_4 die Basen der zersetzbaren Bestandteile in lösliche Sulfate unter Abscheidung basischer Metakieselsäure übergeführt, und die beim Eindampfen gebildeten basischen Salze durch mehrmaliges Erhitzen mit Salzsäure neutralisiert. In dem ungelösten Rückstand wurde darauf durch wiederholte Behandlung mit 5 % Kalilauge die an die mineralischen Zersetzungsprodukte gebundene Silikatkieselsäure ebenfalls in Lösung gebracht, so dafs nur Quarz und sonstige Mineraltrümmer im Filter zurückblieben.

Im Rückstand wurde die Quarz- und Silikatkieselsäure, Tonerde, Eisen, Kalk und Magnesia in derselben Weise wie bei der Gesamtanalyse ermittelt.

Die vorliegenden Analysenresultate lassen nun folgende Deutung zu:

1. Das Molekularverhältnis der Sesquioxyde (wobei 1 mol $Fe_2O_3 = 0{,}64$ mol Al_2O_3 gesetzt ist) zu den Monoxyden im Rückstande der rationellen Analyse beträgt $(Al, Fe)_2O_3$: Monoxyde $= 1{,}46 : 1{,}41$, also annähernd $= 1 : 1$, entspricht demnach dem Molekularverhältnis der Feldspatsubstanz. Diese nimmt ferner 6 mol $SiO_2 = 5{,}25\,\%$ SiO_2 in Anspruch, so dafs der SiO_2-Überschufs als Quarz zu deuten ist. Der ungelöste Rückstand besteht somit aus

[1]) Nach Miller und Kiliani, Lehrbuch der analytischen Chemie, S. 334.

[2]) Etwa $\pm 1\,\%$.

3,58 % Quarz und
7,97 % Feldspat
11,55 %.

2. Die in konzentrierter H_2SO_4 gelösten Anteile ergeben sich durch Subtraktion der Bestandteile des Rückstandes von denjenigen der Gesamtanalyse (Spalte I).

	I. Sogenannte Tonsubstanz	II. Anteile für Sericit	III. Anteile für Gips	IV. Rest ohne Magnesia
SiO_2	42,22	1,84	—	40,38
Al_2O_3	25,63	1,56	—	} 27,54
Fe_2O_3	5,43	—	—	
CaO	0,89	—	0,89	—
MgO	2,05	—	—	—
SO_3	1,45	—	1,45 (1,27)	—
H_2O	10,30	0,18	0,57	9,55
Alkalien	0,48	0,48	—	—

Auf diese Weise erhält man in Spalte I die sogenannte Tonsubstanz Segers, welche jedoch nach obigen Ausführungen als ein Mineralgemenge anzusehen ist.

Auffallend ist der SO_3-Gehalt, der anscheinend an Ca als $CaSO_4 . 2 H_2O$ gebunden ist.

Der Alkaliengehalt weist auf alkalihaltige Zersetzungsprodukte, d. h. auf solche glimmerartigen Charakters hin. Da Glimmer überdies mit Sicherheit mikroskopisch nachgewiesen worden ist, so sind die Alkalien als Sericit verrechnet worden. Die Magnesia wird an basische Silikate, vermutlich mit Al_2O_3, Fe_2O_3, gebunden sein; da jedoch über die Natur dieses Silikats keine sicheren Schlüsse gezogen werden können, läfst man die Magnesia am besten unberücksichtigt, zumal anzunehmen ist, dafs das Atomverhältnis von Tonerde: Kieselsäure: Wasser dadurch nicht wesentlich beeinträchtigt wird. Nach Abzug der Magnesia, des Sericits (Spalte II) und des Gipses (Spalte III) bleibt der Betrag unter IV. Durch Division der Prozentzahlen durch die Atomgewichte ergibt sich das Verhältnis

$$(Al, Fe)_2O_3 : SiO_2 : H_2O$$
$$= 2{,}70 : 6{,}73 : 5{,}31$$
$$= 1 : 2{,}49 : 1{,}97$$
$$\text{annähernd} = 1 : 2{,}5 : 2$$

entsprechend der Formel

$$2\,Al_2O_3 \,.\, 5\,SiO_2 \,.\, 4\,H_2O.$$

Das theoretische Molekularverhältnis im Kaolinit ist jedoch

$$1 : 2 : 2,$$

entsprechend der Zusammensetzung

$$Al_2O_3 \,.\, 2\,SiO_2 \,.\, 2\,H_2O$$

oder

$$2\,Al_2O_3 \,.\, 4\,SiO_2 \,.\, 4\,H_2O$$

Die durch die ermittelte Formel dargestellte Verbindung würde daher als eine an Kieselsäure reichere Modifikation des Kaolinits gedeutet werden können, wenn man nicht für den Überschufs der Kieselsäure mit ziemlicher Sicherheit annehmen könnte, dafs dieser nicht als Silikat, sondern als freie Kieselsäure vorhanden ist und seine Erklärung in der partiellen Löslichkeit der Kieselsäure durch die bei der rationellen Analyse stattgehabte mehrmalige Behandlung mit KOH findet. Allerdings führt dies zu einer weiteren Komplikation für die Erschliefsung der chemischen Formel: da die von KOH gelöste Kieselsäure meist als hydratische oder amorphe Kieselsäure angesehen wird, so nimmt der Überschufs an SiO_2 (= 7,98 %) einen Teil des Hydratwassers in Anspruch und verändert auf diese Weise das Verhältnis von Tonerde: Hydratwasser. Überdies hat die amorphe Kieselsäure einen zwischen 0—21 % schwankenden Wassergehalt, da die Orthokieselsäure H_4SiO_4, die entstehen sollte, sofort in H_2SiO_3, und diese in immer wasserärmere Verbindungen übergeht. Nehmen wir den extremsten Fall an, dafs der gesamte Kieselsäureüberschufs als $SiO_2 . H_2O$ vorliegt, so verhalten sich

$$(Al, Fe)_2O_3 : SiO_2 : H_2O$$
$$= 2{,}70 : 5{,}40 : 3{,}98$$
$$= 1 : 2 : 1{,}47.$$

Es würde sich somit die Formel

$$2\,Al_2O_3\,.\,4\,SiO_2\,.\,3\,H_2O$$

ergeben.

Da ein von Herold untersuchter Kaolinit von Weifsenfels[1]) dieselbe obige Zusammensetzung zeigt [= β-Kaolinit, Schmid[2])], so würde trotz der Abweichung von der typischen Kaolinitformel in der durch die ermittelte Formel dargestellten Verbindung ein von dem Kaolinit nicht wesentlich verschiedenes Mineral zu erblicken sein.

Nachdem jedoch Lunge[3]) nachgewiesen hat, dafs Alkalien auch die quarzige Modifikation der Kieselsäure auflösen, dafs sogar Sodalösung kochend die Quarzkieselsäure merklich anzugreifen vermag, wenn dieselbe in staubfeinstem Zustande vorhanden ist, erscheint es sogar zulässig, den Kieselsäureüberschufs als Quarz zu deuten, zumal das Vorhandensein äufserst feinen, aus der Grundmasse des Muttergesteins stammenden Quarzes angenommen werden mufs.

In diesem Falle erhalten wir das der theoretischen Kaolinitformel entsprechende Verhältnis

$$\begin{aligned} & (Al, Fe)_2O_3 : SiO_2 : H_2O \\ = \; & 2{,}70 : 5{,}40 : 5{,}31 \\ = \; & 1 : 2 : 1{,}97 \\ \text{annähernd} = \; & 1 : 2 : 2 \end{aligned}$$

entsprechend der Formel

$$Al_2O_3\,.\,2\,SiO_2\,.\,2\,H_2O.$$

Wenn auch nicht zu verhehlen ist, dafs der letztentwickelte Nachweis des Kaolinits auf gewissen Voraussetzungen basiert, für die der exakte Beweis nicht erbracht ist, so genügt die Untersuchung doch, um zu konstatieren,

---

[1]) Herold, Über die Kaoline der Formation des mittleren Buntsandsteins in Thüringen.

[2]) Schmid, Die Kaoline des thüringischen Buntsandsteins; vgl. auch S. 9 dieser Abhandlung.

[3]) Lunge u. Millberg, Zeitschrift für angewandte Chemie, 1897.

dafs hier entweder Kaolinit oder eine diesem sehr nahe stehende Verbindung vorliegt.

Fassen wir die Ergebnisse der chemischen Untersuchung zusammen, so ergibt sich, dafs die untersuchte Probe aus folgenden mineralischen Anteilen bestand:

Quarz	11,56 %
Feldspat	7,97 %
Kaolinit	71,45 %
Sericit	4,06 %
Andere Verbindungen . . .	4,96 %
	100,00 %

In der vorliegenden Analyse weist schon der geringe Alkalien- und der sehr hohe Wassergehalt auf das Vorherrschen einer kaolinitischen Substanz hin.

Überhaupt vermag uns schon die Hydratwasserbestimmung allein einen gewissen Aufschlufs über die Natur des Verwitterungsproduktes zu geben. Der Sericit hat theoretisch, der Muskovitformel entsprechend, 4,5 % Wasser, während der Kaolinit 13,9 % Wasser enthält. Nun schwankt zwar der Wassergehalt des Sericits innerhalb sehr bedeutender Grenzen, so z. B. in der Analysentabelle von Hintze[1]) zwischen 3,44 und 6,16 %;[2]) trotzdem mufs ein über 5 oder 6 % steigender Wassergehalt für das Vorhandensein eines höher hydratisierten Minerals, also des Kaolinits oder einer diesem sehr nahestehenden Verbindung sprechen, zumal die theoretische Prozentziffer durch die Beimengungen von Quarz und Feldspat naturgemäfs herabgedrückt wird.

Es wurde daher auch von den sechs übrigen Verwitterungsprodukten die Menge des chemisch gebundenen Wassers bestimmt.[3]) Diese betrug, bezogen auf Substanzen, die bei 120° getrocknet worden sind, bei Probe

[1]) Hintze, Handbuch der Mineralogie, 1897.

[2]) Für Muskovit schwankt der Wassergehalt nach Zirkel (Petrographie 1894) zwischen 1 und 5,05 %.

[3]) Die Proben zeigten sämtlich keine Einwirkung auf Salzsäure.

Nr. 2	3	4	5	6	7
11,17 %	5,61 %	10,36 %	7,13 %	7,26 %	5,67 %
Verwitterungsstaub			Verwitterter Porphyr vom Sandfelsen	Toniges Verwitterungsmaterial vom Sandfelsen	Grünliches Kluftmineral vom Weinberg.
vom Sandfelsen	vom Weinberg	von Lettin			

Diese Zahlen zeigen, dafs in allen Proben mehr oder weniger das Vorhandensein von Kaolinit anzunehmen ist, welcher denn auch durch die mikroskopischen Untersuchungen neben Sericit nachgewiesen worden ist. Den höchsten Kaolinitgehalt lassen auch hier die Proben des Sandfelsens vermuten, während der gleiche weifsliche Verwitterungsstaub vom Weinberg die niedrigste Ziffer aufweist.

Die grüne Kluftausfüllung eingeschlämmten Verwitterungsmaterials, die nicht allein am Weinberg, sondern auch an anderen Orten beobachtet wurde, ist nunmehr auf Grund der Untersuchungen und der obigen Ausführungen als ein Gemenge von Kaolinit und talkhaltigem Sericit anzusehen.

7. Zusammenfassung und Ergebnis.

Als Ergebnis dieser Untersuchungen geht wohl mit Sicherheit hervor, dafs die Ansicht Röslers, der Verwitterungsgrus der Halleschen Porphyre enthalte unter keinen Umständen Kaolinit, nicht zu Recht besteht. Vielmehr hat sich das feinste Verwitterungsmaterial, welches sich in der weifsen Verwitterungsdecke über dem roten Porphyr oder als Ausfüllung von Spalten und Rissen des Gesteins findet, als ein Gemenge von Sericit und Kaolinit neben unzersetzten Mineraltrümmern erwiesen.

Da die Feldspäte nach den optischen Untersuchungen im ersten Stadium der Zersetzung fast stets nur glimmerartige Produkte zeigen, so erscheint es in hohem Grade wahrscheinlich, dafs bei weiterer chemischer Einwirkung, zugleich unter weiterer mechanischer Zerlegung, ein Teil des Sericits in Kaolinit übergeführt wird. Dafs dieser Prozefs in der Tat vor sich gehen kann, zeigt die oberflächliche Umwandlung des Pinitoids in Kaolinit.

IV. Die geotektonischen Verhältnisse der Halleschen Kaolinlagerstätten.

Die tektonischen Verhältnisse einer Lagerstätte werden durch die Art ihrer Entstehung und durch die Natur des chemischen Agens, welches bei der Bildung tätig gewesen ist, bedingt. Diese enge Verknüpfung und gegenseitige Abhängigkeit der Tektonik und Genesis gestattet daher, aus dem geologischen Vorkommen, der Form und Lagerung einer Lagerstätte meist sichere Schlüsse auf ihre Entstehung zu ziehen; neben der Gestalt des einzelnen Vorkommens vermag ferner in dem Falle, dafs mehrere gleichartige Lagerstätten räumlich bei einander liegen, oft ihre gegenseitige Anordnung, die Art ihrer geographischen Verbreitung einen genetischen Hinweis zu geben. In umgekehrter Weise lassen sich auch auf Grund einer bekannten oder angenommenen Bildungsart die hierdurch bedingten Lagerungsverhältnisse eines Mineral- oder Gesteinvorkommens ableiten.

Die Bestimmung der Lagerungsart sowie der räumlichen Verteilung der Kaolinlagerstätten innerhalb der Halleschen Quarzporphyre ist somit von der allergröfsten und zugleich ausschlaggebenden Bedeutung für die Entscheidung ihrer Entstehungsursache. Der Gegensatz der beiden Theorien — der alten Verwitterungs- und der neuen RÖSLERschen Theorie — findet in tektonischer Beziehung seinen schärfsten Ausdruck, da die geradezu entgegengesetzten Entstehungsweisen, welche sie annehmen, naturgemäfs ganz verschiedene Lagerungsformen bedingen.

1. Die Lagerungsverhältnisse auf Grund der Röslerschen Theorie.

Fragen wir uns zunächst: welche Lagerungsformen und welche sonstigen tektonischen Bedingungen ergeben sich für die Kaolinvorkommen bei Annahme einer pneumatolytischen Entstehung im Sinne der RÖSLERschen Theorie?

Die Auffassung, dafs die Kaolinvorkommen in den Halleschen Porphyren Gasen und heifsen Quellen als den letzten Stadien der vulkanischen Tätigkeit ihr Dasein verdanken, ist mit der Vorstellung verbunden, dafs jene auf Wegen des geringsten Widerstandes, also auf Spalten und Spaltensystemen aus der Tiefe heraufsteigend von diesen aus gewirkt haben. Die emporsteigenden Agentien waren zunächst an eine örtliche Beschränkung ihrer Einwirkung auf ihrem Wege durch den Porphyr nicht gebunden; Für die Annahme, dafs die Gase und heifsen Lösungen erst kurz vor ihrem Austritt, also nur in der Nähe der Erdoberfläche, ihre Wirkung hätten ausüben können, liegt kein Grund vor; vielmehr konnten sie, sobald sie in den Porphyr eintraten, ihre zersetzende Tätigkeit beginnen: die Kaolinvorkommen müssen daher in bedeutende Tiefen hinabreichen und als kaolinisierte Zonen die Porphyrdecke durchsetzen. Bei der von Spalten aus erfolgten Intrusion der Agentien in den Porphyr waren die den Klüften zunächst gelegenen Gesteinspartien der chemischen Einwirkung zuerst und in höherem Mafse, die entfernteren dagegen später und in geringerem Mafse ausgesetzt. Die seitliche Abnahme der Intensität der chemischen Reaktion bedingte somit auch eine Abnahme der Kaolinisierung in horizontaler Richtung, während nach der Tiefe zu die Zersetzung der zentralen Porphyrpartien nicht geringer, eher sogar intensiver angenommen werden mufs, als in den oberen, der Tagesoberfläche näher gelegenen Teilen.

Im Sinne der Röslerschen Auffassung hätten die Agentien also innerhalb des Porphyrs Zersetzungszonen gebildet, welche sich als den Spalten oder Klüften parallele Streifen darbieten würden. Die Breite oder Mächtigkeit einer solchen kaolinisierten Zone würde von der Stärke und Dauer der chemischen Einwirkung abhängig sein. Als Resultat der angenommenen Entstehungsweise ergeben sich somit in erster Linie Kaolingänge, die eine bestimmte Streichrichtung, ein Einfallen nach einer Richtung und seitlich einen allmählichen Übergang in den Porphyr erkennen lassen müfsten. Wie alle gangförmigen Vorkommen, so würden auch diese durch eine geringe horizontale

Ausdehnung und durch eine unendliche Erstreckung nach der Tiefe [1]) zu charakterisiert werden.

Die Auffassung, dafs die pneumatolytische Entstehung eine gangförmige Lagerungsart der Kaolinvorkommen bedingt, ist eine der Grundlagen der Röslerschen Theorie.

Dafs die kaolinisierenden Agentien von Klüften ausgewirkt haben, glaubt Rösler inbezug auf die Halleschen Vorkommen aus den Beobachtungen bei Brachwitz und Dölau schliefsen zu dürfen: in der Nähe des erstgenannten Ortes zieht sich etwa in h. 7 ein $2^1/_2$ bis 3 m mächtiger Hornsteingang hin, zu dessen beiden Seiten der Porphyr in Kaolin umgewandelt ist. Die kaolinisierte Zone bildet — wie der Aufschlufs am Wege von Brachwitz nach Beidersee deutlich erkennen läfst — einen Streifen von ungefähr 60 m Breite, der sich gemäfs der Laspeyresschen Aufnahme auf eine streichende Länge von fast $1^1/_2$ km verfolgen läfst. Auch nördlich des Bornsberges bei Brachwitz gibt Laspeyres einen Hornsteingang und eine ähnlich geformte Kaolinzone an. Das Vorkommen des Brachwitzer Ganges mit seinen kaolinisierten Kontaktzonen und endlich die Beobachtung in einem Steinbruch von Dölau, in dem [2]) „der Porphyr zu beiden Seiten einer fast senkrecht aufsetzenden schwachen Kluft von der Kaolinisierung ergriffen schien“, bilden für die Halleschen Vorkommen die Grundlagen der Röslerschen Spaltentheorie. Es sei zunächst dahingestellt, ob wirklich die Entstehung dieser streifenförmigen Kaolinpartien, deren Erstreckung nach der Teufe mangels geeigneter Aufschlüsse oder Untersuchungen noch völlig unbekannt ist, nicht auch auf anderen Vorgängen beruhen kann, als gerade auf pneumatolytischen. Sollen aber die Kaolinlagerstätten gleichen Ursachen ihre Bildung verdanken, wie Rösler sie für die Gänge von Brachwitz und Dölau annimmt, so mufs logischer Weise auch für diese eine gleiche oder eine verwandte Lagerungsform in Anspruch genommen werden.

Neben der eigentlichen gangförmigen Lagerung, wie sie anscheinend sich in dem Brachwitzer Vorkommen dar-

[1]) Vgl. hierzu Stutzer, Zeitschrift für praktische Geologie, 1905.
[2]) Rösler a. a. O. S. 348.



bietet, läſst die RÖSLERsche Theorie die Bildung von Kaolinlagerstätten zu, welche als Stöcke, als schlotartige Kanäle oder Schläuche die Porphyrdecke durchsetzen, mit den Kaolingängen die ewige Teufe gemeinsam haben und sich von diesen nur durch die Form, insbesondere durch die geringere Längenerstreckung unterscheiden. Da jedoch die kaolinisierenden Agentien von Spalten aus gewirkt haben sollen, und da für eine so weitgehende und durch die ganze Porphyrmasse erfolgte regionale Zersetzung immerhin bedeutende Spalten mit groſser streichender Erstreckung angenommen werden müssen, so müssen die einzelnen Kaolinschlote in ihrer gegenseitigen Anordnung das Gebundensein an ein Spaltensystem zweifellos erkennen lassen: die Kaolinvorkommen müssen daher in einer gewissen Gesetzmäſsigkeit auf einer oder mehreren Linien angeordnet sein, welche die Richtungen der ursprünglichen Spalten, auf denen die Gase in die Höhe gestiegen sind, bezeichnen würden. Diese gegenseitige Anordnung der schlotartigen Kaolinvorkommen lieſse sich mit den Vulkanreihen oder auch mit den Ausbruchskratern an den Abhängen eines gröſseren Vulkans, die in einer Richtung hinter einander zu liegen pflegen, vergleichen.

Abgesehen von den kaolinisierten Porphyrstreifen nördlich von Brachwitz und bei Dölau erwähnt RÖSLER keine Kaolingänge in den Halleschen Porphyren, obwohl das Vorhandensein solcher — wie schon gesagt — logischer Weise angenommen werden müſste. Es bleibt daher für die Kaolinvorkommen nur die Lagerungsform übrig, für welche ich die Bezeichnung „Schlote“ oder „Schläuche“ gewählt habe, da diese vor allem den durch die RÖSLERsche Theorie geforderten Begriff der ewigen Teufe in sich schlieſst. RÖSLER selbst nennt die Halleschen Kaolinvorkommen „Nester in unzersetztem Gestein“ — eine Bezeichnung, welche seiner Vorstellung, daſs die Lagerstätten in unbekannte Tiefe hinabsetzen, keineswegs entspricht, da gerade die Form des Nestes eine allseitige Umgrenzung durch das Muttergestein andeutet. WEINSCHENK [1]) vergleicht die Gestalt der

[1]) Zeitschrift für praktische Geologie., 1903, S. 210.

Kaolinlager mit einem in das Muttergestein „eingesenkten Zapfen".

Eine wichtige Folgerung der RÖSLERschen Theorie ist ferner die völlige Unabhängigkeit des Auftretens der Kaolinvorkommen — sei es, dafs sie als Gänge oder als schlauchartige Kanäle gedacht werden — von der Höhenlage des Muttergesteins: sie müfsten demnach sowohl auf den höchsten Erhebungen als auch in den tiefsten Senkungen des Porphyrs anzutreffen sein, da die Oberflächengestaltung bei der Wirkungsart der pneumatolytischen Agentien ganz aufser Frage kommt.

Die Bedingungen für die tektonischen Verhältnisse, wie sie sich auf deduktivem Wege aus der RÖSLERschen Theorie ableiten, sind somit:

1. Gesetzmäfsige Anordnung der Vorkommen in gewissen Richtungen, welche die ursprünglichen Spalten bezeichnen;
2. Völlige Unabhängigkeit von der Höhenlage;
3. Gang- oder schlauchartige Lagerung.

Die folgende Untersuchung, inwieweit die genannten geotektonischen Forderungen der RÖSLERschen Theorie bei den Halleschen Lagerstätten zutreffen, besteht in einer möglichst genauen Festlegung der geographischen Verbreitung und Verteilung der Vorkommen innerhalb des Halleschen Porphyrgebietes, welche die gegenseitige Anordnung der Kaolinlager und ihre Beziehungen zu der Höhenlage der Porphyroberfläche darzulegen geeignet sein wird, und in einer Bestimmung der Lagerungsform des einzelnen Vorkommens auf Grund von Bohrungen und sonstigen Beobachtungen.

2. Geographische Verbreitung und Verteilung der Kaolinlagerstätten.

Über die geographische Verbreitung und Verteilung der Kaolinvorkommen in dem Halleschen Porphyrgebiet geben die bisher erschienenen Karten ein nur unvollständiges Bild: die von H. LASPEYRES aufgenommene geologische Karte (Blatt Petersberg) ist als veraltet an-

zusehen, da in den letzten Jahrzehnten eine grofse Zahl neuer Kaolinlager erschlossen worden sind, während die topographische Karte der Königlich Preufsischen Landesaufnahme vom Jahre 1902 zwischen Kaolin- und Tongrube nicht unterscheidet und naturgemäfs die nicht durch Grubenbetrieb, sondern nur durch Bohrungen bekannten Lager unberücksichtigt läfst. Bemerkenswert ist trotz ihres Alters die weniger bekannte geognostische Karte von v. BENNIGSEN-Förder,[1]) welche leider nur einen kleinen Teil des Kaolingebietes in den beiden Sektionen Halle und Dölau zur Darstellung bringt. Die Karte, die eine grofse Sorgfalt und Schärfe der Beobachtungen erkennen läfst, verdient aber dadurch unser Interesse, dafs sie die zu damaliger Zeit bekannten Kaolinvorkommen durch Markierung hervorhebt.

Auf der beiliegenden topographischen Karte (Mefstischblatt, Halle-Nord)[2]) habe ich mich bemüht, sämtliche bisher bekannten Kaolinlager, sei es, dafs sie früher Gegenstand des Abbaues waren oder gegenwärtig sind, oder dafs sie durch Bohrungen oder sonstige Aufschlüsse nachgewiesen sind, festzulegen; auf ihr ist ferner die Verbreitung des älteren und jüngeren Porphyrs nach der abgedeckten LASPEYRESschen Karte[3]) angegeben, sowie die anstehenden Porphyre[4]) durch eine dunklere Rot- bezw. Braunfärbung kenntlich gemacht.

Aufser den genannten Karten gaben mir die Bohrversuche, welche namentlich durch die Gebrüder BAENSCH-Dölau und J. G. BOLTZE-Salzmünde sowie im staatlichen Auftrage, z. T. im Interesse der Königlichen Porzellan-

---

[1]) Bodenkarte des Erd- oder Schwemm- und des Felslandes der Umgegend von Halle, geognostisch aufgenommen von Rudolf v. Bennigsen-Förder, herausgegeben auf Veranlassung des Kgl. Preufs. Ministeriums für die landwirtschaftlichen Angelegenheiten, Berlin, 1876.

[2]) Siehe die gleiche Abhandlung in der Zeitschrift für Naturwissenschaften, 1907, Bd. 79.

[3]) Beilage zur „Geognostischen Darstellung des Steinkohlengebirges und Rotliegenden". Abhandlungen zur Geologischen Karte von Preufsen, Bd. I, Heft 3.

[4]) Nach der Laspeyresschen Karte, Blatt Petersberg.

Manufaktur, ausgeführt worden sind, wertvolle Aufschlüsse über die Verbreitung des Kaolins.

Die geographische Verbreitung der an die Quarzporphyre gebundenen Kaolinlagerstätten wird zunächst dadurch gekennzeichnet, dafs letztere nicht in dem gesamten umfangreichen Halleschen Porphyrgebiet auftreten, sondern vielmehr in auffälliger Weise lediglich auf ein Gebiet beschränkt sind, welches nordwestlich der Stadt Halle gelegen und etwa durch eine von Trotha ausgehende und sich über die Orte Gutenberg, Dachritz, Beidersee, Gimritz, Brachwitz, Dölau nach Trotha zurückziehende Linie umgrenzt wird. Das so bezeichnete Kaolingebiet, welches ein ungefähr kreisförmiges Areal von fast 7 km Durchmesser umfafst, bildet in topographischer Hinsicht einen Teil des nach Südosten einfallenden Plateaus am Fufse des nördlich gelegenen Petersberges und der nordwestlichen Porphyrhöhen von Wettin. An seinem geognostischen Aufbau nimmt zu fast gleichen Teilen der ältere und der jüngere Porphyr teil, zwischen denen sich als ein schmales Band die unterrotliegenden Sedimente in nord-südlicher Richtung hinziehen, das Gebiet hierdurch in eine östliche und westliche Hälfte zerlegend. In den aufserhalb des bezeichneten Gebietes gelegenen Porphyren — in dem ganzen östlichen Muldenflügel des grofskristallinischen Porphyrs, des sogenannten Landsberger Porphyrs, ferner in dem kleinkristallinischen Porphyr von Wettin und dem nördlichen Teil des Petersbergporphyrs nebst den karbonischen Porphyren von Schlettau, Kattau und Wieskau — sind bisher keine Kaolinlagerstätten aufgefunden worden.

Das Hallesche Kaolingebiet mit seinen wertvollen Porzellanerde-Vorkommen füllt im wesentlichen das Innere einer durch die heutige Porphyroberfläche gebildeten Mulde aus, deren Ränder sich im Norden (Petersberg), im Nordwesten (Porphyrkuppen bei Brachwitz, Friedrichs-Schwerz usw.) und im Süden (Kröllwitzer Höhen) herausheben, und in welcher, mit Ausnahme der wie ein Riegel in das Kaolingebiet hineinragenden Porphyrfelsen auf beiden Seiten der Saale zwischen Brachwitz und Lettin, der Porphyr nur in vereinzelten kleinen inselförmigen Kuppen

aus der tertiären, diluvialen und alluvialen Bedeckung hervortaucht.

Innerhalb des Halleschen Kaolingebietes, welches durch das tief in das Plateau eingeschnittene Saaletal in eine gröfsere nördliche und eine kleinere südliche Hälfte zerfällt, lassen sich die bisher durch Grubenbetrieb aufgeschlossenen oder durch Bohrungen nachgewiesenen Kaolin- bezw. Porzellanerde-Vorkommen zu einigen Gruppen zusammenfassen, welche als besondere Kaolinbezirke bezeichnet werden können.

Das ausgedehnteste und zugleich das wichtigste Gebiet ist das von Morl-Groitsch von etwa kreisförmiger Gestalt, dessen äufsere Grenze sich von Beidersee über die südlichen Abhänge des Lerchenhügels, des Schlofsberges und der Eulenberge, von hier nach Süden bis an die Götsche hinzieht, dann südlich von Sennewitz zu den Gehängen der Gutenberge hinübergeht und an diesen entlang nach Norden bis Dachritz verläuft, um dann über Möderau nach Beidersee den Kreis zu schliefsen. Quer durch dieses Gebiet zieht sich über Morl und Möderau der Streifen der Sedimentbildungen des Unterrotliegenden, welcher den oberen von dem unteren Porphyr trennt. Auf diese Weise zerfällt das Kaolingebiet von Morl-Groitsch in zwei etwas ungleiche Hälften, von denen die gröfsere dem jüngeren Porphyr angehört und welche ich als das Götschegebiet bezeichnen will, da sie von der Götsche durchflossen wird, während die kleinere Hälfte dem älteren Porphyr angehört und zweckmäfsig das Gebiet des Fuchsberges genannt wird, da die Kaolinvorkommen sich in einem fast völlig geschlossenen Kreise um diesen herumziehen.

An zweiter Stelle ist das Gebiet nördlich von Dölau auf dem linken Ufer der Saale zu nennen, welches ebenso wertvolle, wenn auch wegen seiner geringeren Ausdehnung weniger zahlreiche Porzellanerdelager als das von Morl-Groitsch enthält. Diese beiden wichtigsten Porzellanerdebezirke werden durch die anstehenden Porphyre zwischen Brachwitz und Lettin, welche überdies durch das Erosionstal der Saale durchschnitten werden, getrennt. Gleich den Dölauer Vorkommen gehören ferner dem älteren Porphyr

die vereinzelten Vorkommen von Raunitz und Brachwitz auf dem rechten Ufer der Saale an, welche nur von geringerer Ausdehnung sind.

Aus der Zersetzung des jüngeren Porphyrs endlich sind die Kaolinlager nördlich der Dölauer Heide, westlich von Kröllwitz hervorgegangen.

Die Kaolinlagerstätten des gesamten Halleschen Kaolingebietes lassen sich daher wie folgt zusammenfassen:

A. Nördlich der Saale:

I. Die Vorkommen des Kaolingebiets von Morl-Groitsch, welches

1. in das Götschegebiet und
2. in das Gebiet des Fuchsberges zerfällt.

II. Die vereinzelten Vorkommen

3. bei dem Dorfe Raunitz,
4. bei dem Dorfe Brachwitz.

B. Südlich der Saale:

5. die Vorkommen nördlich von Dölau,
6. die Vorkommen nördlich der Dölauer Heide.

Das am längsten bekannte Porzellanerdegebiet bildet der auf dem rechten Ufer der Götsche gelegene westliche Teil des Götschegebietes, welcher sich zu beiden Seiten der Magdeburger Chausee von der Götsche an (Wirtshaus zum Schwan) bis nach Morl hinzieht und hier durch die quer durch das Dorf gehende Grenze des Petersberg-Porphyrs seinen natürlichen Abschlufs findet. Die westliche Grenze des jüngeren Porphyrs verläuft parallel zur Chaussee etwa 680 m von dieser entfernt. Zwischen der Götsche und dem Dorfe Morl zieht sich quer über die Chaussee ein tertiärer Höhenrücken, welcher nach Osten an Breite zunimmt und östlich der Chaussee den Lehmberg und den Götscheberg bildet. Der Zusammenhang der nördlich und südlich von dem Höhenrücken gelegenen kaolinisierten Porphyrzonen ist durch das an mehreren Stellen unter dem Braunkohlenflötz beobachtete Auftreten von Kaolin sichergestellt. Unmittelbar am südlichen Abhange des Lehmberges ist früher Porzellanerde gewonnen worden, und die Spuren des ehemaligen Abbaus sind noch heute wahrnehmbar.

Auf der anderen Seite des Höhenrückens hat man die unterhalb des Götscheberges anstehende Porzellanerde durch Stollenbetrieb zu gewinnen gesucht. Endlich ist ein ziemlich beträchtliches Porzellanerde-Vorkommen durch die Grubenbaue der Braunkohlengrube „Ferdinande“ gelegentlich einer Störung des Unterflötzes aufgeschlossen worden, welches durch Querschläge von der Hauptförderstrecke aus in einer Länge von fast 150 m und in einer Breite von 40 m gelöst und gewonnen wurde. Auf Grund dieser Beobachtungen läfst sich auch weiter nördlich unter dem Passionsberge, Markenberge und Kuhstallberge das Vorhandensein von Kaolin vermuten. Diese Annahme wird durch den auf Grund von Bohrungen erfolgten Nachweis von Porzellanerde am Fufse der genannten Berge, westlich der Dörfer Groitsch und Teicha, unterstützt, wo z. B. hinter der Ziegelei von Deparade (Flur a)[1]) unter diluvialer und tertiärer Bedeckung bis zu 3 m Erde erbohrt worden ist. In den beiden anderen abgebohrten Feldern (Fluren b und c)[1]) scheint die gute Erde weniger mächtig zu sein.

Die Hauptkaolinvorkommen liegen — wie schon gesagt — zu beiden Seiten der Magdeburger Chaussee in den Gemarkungen Sennewitz und Morl, in welchen schon im Anfang des XIX. Jahrhunderts Gräbereien in Betrieb gewesen waren, und in welchen zu einem grofsen Teil der Königlich Preufsische Fiskus im Interesse seiner Porzellan-Manufaktur zu Berlin durch Pachtverträge das ausschliefsliche Gewinnungsrecht der Porzellanerde erwarb. Die ältesten Abbaue gingen zwischen dem Sennewitzer und dem Döckritzer Wege, z. T. auch südlich des letzteren um. Weiter südlich erwies sich der Kaolin als unbauwürdig, und jenseits der Götsche, in dem diluvialen und alluvialen Saaltalkessel, ist Kaolin bisher nicht angetroffen worden. Nach Westen, nach der Porphyrgrenze hin, haben die zahlreichen, durch den Fiskus niedergebrachten Bohrungen das Vorhandensein von technisch unbrauchbarem Kaolin nachgewiesen.[2]) Gegenwärtig beschränkt sich die Porzellanerdegewinnung südlich des tertiären Höhenrückens lediglich auf

[1]) Siehe geologische Karte.

[2]) Akten des Königlichen Bergreviers West-Halle.

eine Grube (Nr. 1)[1]) der Königlichen Porzellan-Manufaktur nördlich des Sennewitzer Weges, welcher einige seit kurzem auflässige Gruben von Gebrüder Baensch und J. G. Boltze benachbart sind. In den umliegenden Kontraktfeldern ist das Anstehen von guter, brauchbarer Porzellanerde durch Bohrungen vielfach nachgewiesen, so namentlich dicht an dem zur Chaussee parallelen Feldwege, wo den Bohrresultaten zufolge drei Porzellanerdelager von 3,5 bezw. 9 m Maximalmächtigkeit vorhanden sind, die der zukünftigen Ausbeutung harren.[2]) Nördlich des erwähnten Höhenrückens am Fuſse des Götscheberges ist allerorts Porzellanerde gewonnen worden, wie schon die zahlreichen Einsenkungen in den Ackerfluren andeuten. Dicht bei Morl, nur 250 m von der Porphyrgrenze entfernt, baut z. Z. die Grube Ertel (Nr. 2) der Firma Gebrüder Baensch; die auf der anderen Seite der Chaussee gelegene, der Firma J. G. Boltze gehörige Grube Dippe-Morl (Nr. 3) ist erst seit kurzem totgelegt. Auch hier bei Morl erstreckt sich die Kaolinisierung des Porphyrs bis dicht an seine westliche Grenze, da auf der sogenannten „kleinen Breite" in der Ebertschen Flur (d) in mehreren Bohrlöchern gute Porzellanerde bis zu 4 $^1/_2$ m Mächtigkeit erbohrt ist.

Die Kaolinvorkommen des östlichen Götschegebietes ziehen sich in einer Länge von etwas über 3 km zwischen der Götsche und den Abhängen der Anhöhen von Seeben, Gutenberg und Räthern hin. Die z. Z. in Betrieb befindlichen Hauptgruben sind die Gruben Hädicke (Nr. 4) und Reiche (Nr. 5) (Gebrüder Baensch) am Weinberge und die Prinz-Grube (Nr. 6) (J. G. Boltze) an der Eisenbahnhaltestelle Teicha. In den Fluren nördlich der Prinz-Grube ist die Porzellanerde in bedeutender Mächtigkeit nachgewiesen.

Als die nördlichste Porzellanerdegrube ist die auf dem rechten Götscheufer zwischen Lehndorf und Dachritz gelegene W. Bolzesche Grube zu nennen, welche vor nicht allzu langer Zeit abgebaut worden ist. Dasselbe Vorkommen

[1]) Vgl. die Zusammenstellung der gegenwärtig in Betrieb stehenden Kaolingruben, S. 57. Die Zahlen stimmen mit denjenigen auf der geologischen Karte überein.

[2]) Vgl. S. 53 Anm. 2.

ist auch auf der anderen Seite der Eisenbahn auf dem HOFFMANNschen Acker in bedeutender Mächtigkeit erbohrt und wird später durch Gebrüder BAENSCH in Abbau genommen werden. Endlich ist noch etwas nördlicher in dem KRIEBIGschen Acker Porzellanerde aufgefunden worden.

Zwischen PRINZ-Grube und der Doppelgrube HÄDICKE-REICHE steht die Porzellanerde unter tertiärer Bedeckung in 2 m und mehr Mächtigkeit an. Zwischen den beiden von der Petersberger Chaussee nach Gutenberg führenden Wegen finden wir mehrere auflässige Stätten, an denen vor Jahrzehnten Porzellanerde gewonnen worden ist. Auch am nördlichen Abhang des Spielberges ist mehrmals Porzellanerde erbohrt, auch ist hier zeitweise ein Abbau versucht worden, der jedoch wegen Wasserschwierigkeiten eingestellt werden mufste. Westlich vom Spielberge, jenseits der Petersberger Chaussee, liegen die bedeutenden Gruben (Nr. 7) der Sennewitzer A.-G., die dadurch bemerkenswert sind, dafs in ihnen einerseits kaolinisierter Porphyr als Porzellanerde und andererseits kaolinisierter Porphyrtuff als Ton auftritt. Am südlichen Fufse des Spielberges ist ebenfalls ein sehr bedeutendes Kaolinlager aufgeschlossen, welches in seinem südlichen Teile noch Gegenstand des Abbaus ist (Grube Seeben, F. BAENSCH sen.) (Nr. 8). Weiter östlich liegen noch zwei auflässige Gruben. Ähnlich wie beim Lehmberge ist auch hier das Fortsetzen der kaolinisierten Zone unter die tertiären Schichten des Spielberges als sicher anzunehmen.

Das dem älteren Porphyr angehörende Kaolingebiet des Fuchsberges, welches erst seit etwa 20 Jahren aufgeschlossen ist, enthält auf relativ kleinem Flächenraum eine Anzahl äufserst wertvoller Porzellanerdelager, die oft dicht beieinander gelegen und durch Zonen von technisch unbrauchbarem Kaolin — mit dem Trivialnamen „wilde Erde“ bezeichnet — getrennt sind. Die Gruben ziehen sich in einem Kreise um den aus tertiären Schichten bestehenden Fuchsberg herum, der nur im Westen infolge des Aufhörens des Porphyrs offen bleibt.

Das Auftreten von Kaolin in unmittelbarem Kontakt mit den unterrotliegenden Sedimenten ist hier an mehreren Stellen nachgewiesen, so am Eulenberge, dann 300 m weiter

nördlich am sogenannten Sohlenwege, ferner nördlich des Fuchsberges in der Flur e, wo nach den Bohrresultaten ein Lager von 1—4 1/2 m Mächtigkeit vorhanden ist, welches vermutlich mit dem etwas westlicher gelegenen, gegenwärtig durch die Grube KAHLEIS-MORL (Nr. 9) gewonnene Vorkommen zusammenhängt, und endlich dicht neben der Magdeburger Chaussee, über welche die Porphyrgrenze in nordöstlicher Richtung hinwegsetzt, wo vortreffliche Erde ansteht, die neuerdings durch die Grube KAHLEIS-MÖDERAU (Nr. 10) in Abbau genommen worden ist. Als das nordöstlichste Kaolinvorkommen des Gebietes ist dasjenige kurz vor Beidersee zu betrachten, welches früher Gegenstand des Abbaus gewesen ist. Sowohl über Beidersee als über Möderau hinaus ist kein Kaolinvorkommen bekannt.

Von Beidersee ziehen sich nach Westen in einem S-förmigen Bogen die Tertiärschichten zu dem Lerchenhügel. Diese Höhen bilden zugleich die nördliche periphische Begrenzung des aufgeschlossenen Kaolingebietes. In der durch die Tertiärhöhen südlich von Beidersee und den Fuchsberg gebildeten Talmulde enthalten fast alle Fluren Kaolin, welcher z. T. in geringer Mächtigkeit und technischer Verwertbarkeit (als „wilde Erde“) auftritt, z. T. aber ganz vorzügliche und bedeutende Porzellanerde-Lagerstätten bildet Die Doppel-Grube ECKERT-SCHMIDT (Nr. 11 und 12), die Gruben ERTEL (Nr. 13), HENZE (Nr. 14), ENDLICH (Nr. 15) unmittelbar am Fuſse des Fuchsberges, ferner die Grube STRUMPF (Nr. 16) am Lerchenhügel, sind hier z. Zt. die bedeutendsten Porzellanerdegewinnungspunkte.

Vom Lerchenhügel zieht sich die Kaolingrenze am Fuſse des Schloſsberges entlang und wendet sich dann nach Osten, um am Eulenberge an der Porphyrbegrenzung zu enden.

Zwischen Fuchs- und Schloſsberg ist die Grube HÖPFNER (Nr. 18) zu erwähnen, welche auf einem nach Westen sich fortsetzenden Vorkommen baut. Am Südfuſse des Fuchsberges sind 3 wichtige Kaolinlager durch die Gruben EBERT (Nr. 19), TALLARDT (Nr. 20), SCHMIDT-BRACHWITZ (Nr. 21), DIPPE-BRACHWITZ (Nr. 22), und SCHMIDT-MORL (Nr. 23), aufgeschlossen. Südlich des Sohlenweges steht Porzellanerde in etwa 7 m Mächtigkeit an.

Übersicht über die gegenwärtig im Betrieb befindlichen Kaolingruben bei Halle.

1. Götsche-Gebiet.

Nr.	Name und Ort	Besitzer	Porphyr-varietät
1	Grube Sennewitz der Kgl. Porzellanmanufaktur b. Sennewitz	Preufsischer Fiskus	Jüngerer Porphyr
2	Grube Ertel } bei Morl	Gebrüder Baensch	
3	„ Dippe-Morl } bei Morl	J. G. Boltze	
4	„ Hädicke } bei Groitsch	Gebrüder Baensch	
5	„ Reiche } bei Groitsch		
6	„ Prinz bei Teicha	J. G. Boltze	
7	„ Sennewitz (Dreckente) bei Sennewitz	Sennewitzer Ziegelei A.-G.	
8	Grube Seeben bei Seeben	F. Baensch sen.	

2. Fuchsberg-Gebiet.

Nr.	Name und Ort	Besitzer	Porphyr-varietät
9	Grube Kahleis-Morl (sämtlich in der Nähe von Morl)	Gebrüder Baensch	Älterer Porphyr
10	„ Kahleis-Möderau	„	
11	„ Eckert	„	
12	„ Schmidt	„	
13	„ Ertel (Hilkendorf)	„	
14	„ Henze-Morl	„	
15	„ Endlich	„	
16	„ Strumpf	J. G. Boltze	
17	„ Stoye	F. Baensch sen.	
18	„ Höpfner	„	
19	„ Ebert	Gebrüder Baensch	
20	„ Tallardt	„	
21	„ Schmidt-Brachwitz	F. Baensch sen.	
22	„ Dippe-Brachwitz	J. G. Boltze	
23	„ Schmidt-Morl	Gebrüder Baensch	

3. Bei Raunitz.

Nr.	Name und Ort	Besitzer	Porphyr-varietät
24	Grube Wäsche } bei Raunitz	Gebrüder Baensch	Älterer Porphyr
25	„ Böttcher } bei Raunitz	„	

4. Bei Brachwitz.

—

5. Bei Dölau.

Nr.	Name und Ort	Besitzer	Porphyr-varietät
26	Grube Henze I (bei Dölau)	Gebrüder Baensch	Älterer Porphyr
27	„ Henze II	„	
28	„ Baensch	„	
29	„ Meifsner	„	
30	„ Sumpfbreite	J. G. Boltze	
31	41 Morgengrube	„	

6. In der Dölauer Heide.

—

Die Fortsetzung der am Fuchsberge belegenen Kaolinlager unterhalb desselben ist mit absoluter Sicherheit anzunehmen: an mehreren Orten fallen die Lager nach dem Fuchsberge zu ein und haben teilweise zu unterirdischem Grubenbetrieb Veranlassung gegeben; in den meisten Fällen jedoch verhindert die Höhe des Abraums einen ökonomischen Betrieb, so dafs man auf den weiteren Abbau der betreffenden Lager verzichtet. Tatsächlich haben die Grubenbaue der Braunkohlengrube Auguste an zwei Stellen, einmal im Agathe-Stollen, etwa 420 m vom Mundloch entfernt, und dann etwa 250 m westlich von ersterem Punkt, Kaolin unter dem Braunkohlenflöz angefahren.

Aufserhalb des eigentlichen Fuchsberggebietes, und zwar westlich davon, treten uns im älteren Porphyr noch die vereinzelten Kaolinlager von Raunitz nördlich vom Lerchenhügel und bei Brachwitz nördlich der Saalberge entgegen. Das gröfsere und bedeutendere von beiden ist dasjenige bei Raunitz, auf welchem in den Gruben Wäsche (Nr. 24) und Böttcher (Nr. 25) (Gebrüder Baensch) ein ergiebiger Abbau auf Porzellanerde umgeht.

Südlich hiervon, zwischen Raunitz und Friedrichsschwerz, sollen auf Grund der Laspeyresschen Karte und nach Aussagen der dortigen Ackerbesitzer noch an einigen Stellen Porzellanerde vorkommen, für welche ein heutiger Zusammenhang mit dem Raunitzer Kaolinlager nicht mit Sicherheit anzunehmen ist.

Das Brachwitzer Kaolinvorkommen besteht, abgesehen von dem früher erwähnten Kaolingang, aus drei kleinen Kesseln von Porzellanerde, von denen der eine, an der Kreuzung des Weges von Friedrichsschwerz und des Hohlweges von der Brachwitzer Ziegelei, vor mehreren Jahren abgebaut ist. Die kaolinisierte Porphyrzone, welche den Hornsteingang begleitet, kommt für die technische Gewinnung ganz und gar nicht in Betracht.

Auf dem linken Saaleufer enthält die Gegend nördlich von Dölau die wichtigsten Kaolinvorkommen, welche schon seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts abgebaut werden und bei weitem nicht erschöpft sind. Sie liegen in dem südlichsten Teile des Löbejüner Porphyrs. Die Kaolingrenze

fällt auch hier zu einem grofsen Teile mit der Porphyrgrenze zusammen. Der südlichste Zipfel des älteren Porphyrs ist oberflächlich anscheinend zum gröfsten Teile in Kaolin umgewandelt. Da hier durch Bohrungen der Kaolin bis 200 m westlich von der Chaussee nach Neu-Ragoczy nachgewiesen ist, so scheint die Porphyrgrenze ebenfalls etwas westlicher zu verlaufen, als Laspeyres sie annimmt. Die östliche Kaolingrenze verläfst die Porphyrgrenze kurz vor den östlich der Ziegelei anstehenden drei Porphyrkuppen, zieht sich um diese in einem Bogen herum und tritt in der Grube Sumpfbreite (Nr. 30) wieder an diese heran. Die kaolinisierte Zone zieht sich nunmehr nach Norden, wo sie an der Lettin-Schiepziger Chaussee in zwei ehemaligen Gruben und in einem Bohrloch 70 m nördlich der Chaussee aufgeschlossen worden ist, und wendet sich dann, da sie in den anstehenden, zwischen Neu-Ragoczy und Lettin hinziehenden Porphyrfelsen eine natürliche nördliche Begrenzung findet, nach Westen; kurz vor der westlichen Porphyrgrenze enthält sie ein durch die 41 Morgengrube (Nr. 31) abgebautes Porzellanerde-Vorkommen.

Die Hauptgruben, die z. Z. sich in Betrieb befinden, liegen unmittelbar nördlich vom Dorfe Dölau, an der Chaussee nach Neu-Ragoczy. Es sind dies die Gruben Henze I (Nr. 26), Henze II (Nr. 27), Baensch (Nr. 28) und Meissner (Nr. 29). Nordwestlich schliefst sich an die Grube Baensch die ehemalige Domänengrube, nordöstlich die alte Hartigsche Grube an der sogenannten „Weinbergsbreite“, ferner jenseits des Badeweges die frühere Hartkopfsche Grube und endlich eine vor kurzem auflässige Grube von F. Baensch sen. an der Lettin-Schiepziger Chaussee.

Die Kaolinvorkommen nördlich der Dölauer Heide sind durch eingehende Bohrversuche in den Jahren 1864—1865, die unter Leitung der Bergbehörde[1]) ausgeführt wurden, aufgeschlossen worden; sie bilden in der zu dem damaligen Königlichen Domänenvorwerke Lettin gehörigen „Galgenbreite“ und weiter südlich in der „Lochbreite“ mehrere unregelmäfsige Lager, die nur zum Teil einen Abbau ver-

[1]) Akten des Königlichen Bergreviers West-Halle.

lohnten. Aufserdem gibt von Bennigsen-Förder noch einige Kaolinfundpunkte nördlich der Dölauer Heide an; endlich ist 110 m nordwestlich von der Dölauer Windmühle in zwei etwa 50 m voneinander entfernten Bohrlöchern Porzellanerde erbohrt.

Inwieweit erfüllt nun die Art der Verbreitung und des Auftretens der Kaolinlagerstätten, wie sie durch die Aufzeichnungen der Karte veranschaulicht wird, die Bedingungen, welche wir für eine Entstehung durch pneumatolytische Agentien annehmen mufsten? Zeigen die Vorkommen tatsächlich eine gewisse Gesetzmäfsigkeit in ihrer gegenseitigen Lage derart, dafs sie vorzugsweise in gewissen Richtungen angeordnet sind, und ist ferner tatsächlich eine völlige Unabhängigkeit der Kaolinvorkommen von der Höhenlage vorhanden?

Beide Fragen sind in **verneinendem** Sinne zu beantworten.

Die Kaolinvorkommen bilden keineswegs Gruppen in Form langgestreckter Züge, die sich unabhängig von orographischen Verhältnissen in bestimmten Richtungen durch das Porphyrgebiet hinziehen, sondern sie sind vielmehr innerhalb kreisförmiger Areale ganz regellos zerstreut. Die unregelmäfsige, im grofsen und ganzen aber kreisartige Form des gesamten Halleschen Kaolingebietes, sowie diejenige der in diesem unterschiedenen Kaolinbezirke, das Fehlen einer Anordnung der Kaolinvorkommen auf einer oder mehreren Linien spricht entschieden zu ungunsten der Röslerschen Theorie.

Man betrachte beispielsweise das Dölauer Kaolingebiet, welches bei einem Flächeninhalt von nur 1,3 qkm eine fast gleiche Längen- als Breitenerstreckung besitzt. Auf Grund des Reichtums, der Mächtigkeit und Güte seiner Vorkommen, also auf Grund des hohen Grades der Porphyrzersetzung würde man mit vollem Recht dazu neigen, die Zufuhrkanäle der kaolinisierenden Agentien in mächtigen, langgezogenen Spalten zu erblicken. Das Vorhandensein von weit ausstreichenden Spalten oder Spaltensystemen ist jedoch aufserordentlich unwahrscheinlich einmal dadurch, dafs die als nördliche Begrenzung des Kaolingebietes auftretende geschlossene Porphyrwand zwischen Brachwitz und

Lettin zwar eine kaolinische Verwitterungsdecke, in ihrem durch die Saale angeschnittenen Profil aber keine Spur von Kaolingängen oder in die Tiefe hinabsetzenden Kaolinzonen zeigt und daher einen genetischen Zusammenhang der nördlich und südlich der Saale auftretenden Kaolinvorkommen im Sinne der RÖSLERschen Theorie auszuschliefsen scheint, ferner dadurch, dafs inselförmige Porphyrkuppen innerhalb des Kaolinbezirks auftreten, welche, abgesehen von einer weitgehenden Verwitterung ihrer Oberflächen, völlig frisch und von kaolinisierenden Spalten nicht durchsetzt, dagegen z. T. allseitig von umgewandelten Porphyrzonen umlagert sind.

Zu diesem Argument gegen die Spaltentheorie tritt die überall wahrnehmbare Abhängigkeit der Kaolinvorkommen von der Höhenlage hinzu. Das ganze Hallesche Kaolingebiet liegt — wie schon früher erwähnt wurde — in einer flachen muldenförmigen Vertiefung der Porphyrdecke zwischen dem Petersberge und seiner Umgebung im Norden, den Bergen von Wettin im Nordwesten und denjenigen bei Halle im Süden. Den Höhen der genannten Berge sind Kaolinlager völlig fremd. Überall da, wo die Porphyroberfläche ansteigt und sich aus den jüngeren Schichten heraushebt, treten die Kaolinlager zurück, d. h. sie verschwinden (Petersberg) oder sind nur noch in vereinzelten isolierten Vorkommen anzutreffen (Raunitz, Brachwitz, Friedrichsschwerz).

Dieselbe Abhängigkeit von der Höhenlage, die sich im grofsen zu erkennen gibt, läfst sich in jedem Bezirk und vielfach bei den Vorkommen im einzelnen beobachten, so namentlich bei den Vorkommen bei Dölau und denjenigen nördlich der Dölauer Heide, da hier der unzersetzte Porphyr häufiger zu Tage tritt als in dem nördlichen Gebiet von Morl-Groitsch.

Wie die Betrachtung der Karte zeigt, erscheint fast die gesamte Fläche des älteren Porphyrs von Dölau südlich des anstehenden Porphyrmassivs mehr oder weniger in Kaolin umgewandelt mit Ausnahme einiger aus der Bedeckung der jüngeren Schichten hervortauchenden Porphyrkuppen, um die sich die Kaolinlager unter Beibehaltung eines ungefähr

gleichen Höhenniveaus bogenförmig herumziehen, auf diese Weise gleichsam die Zwischenräume der einzelnen Porphyrkuppen ausfüllend.

Auch die Kaolinlager der Dölauer Heide liefern einen wertvollen Beitrag zur Kenntnis der gegenseitigen Höhenbeziehungen des Kaolins und seines Muttergesteins. Das in der sogenannten „Galgenbreite" durch Bohrungen im Jahre 1864 aufgeschlossene bedeutende Vorkommen liegt dicht am Fufse des von Kröllwitz teils nach der Dölauer Heide, teils nach Lettin zu streichenden Zuges des jüngeren Porphyrs, der hier muldenförmig unter die Tagesoberfläche einsetzt. Da der Porphyr nördlich nach Lettin zu sich allmählich wieder heraushebt, und hier keine Kaolinlager vorhanden sind, so beschränkte sich das Vorkommen lediglich auf das tiefste einer durch eine südliche und nördliche Heraushebung des Porphyrs gebildeten Mulde.

Als ein ähnliches hierher gehöriges Beispiel aus dem nördlichen Kaolingebiet seien die beiden wegen ihrer geringen Ausdehnung und minderwertigen Beschaffenheit des Kaolins kaum abbauwürdigen Lager von Brachwitz genannt, welche zu beiden Seiten eines von SW. nach NO. streichenden Porphyrrückens gelegen und durch diesen getrennt sind.

Erblickt man in den heutigen Hornsteingängen die ehemaligen Spalten, auf denen die kaolinisierenden Agentien in die Höhe gestiegen sind, so erscheint es doch sehr auffällig, dafs gerade in unmittelbarster Nähe des immerhin beträchtlichen Brachwitzer Ganges der Porphyr einen so geringen Grad der Kaolinisierung zeigt, die sich aufserdem nur auf eine verhältnismäfsig schmale Zone erstreckt, und dafs im Gegensatz hierzu da, wo weit gröfsere Teile der Porphyrdecke den höchsten Grad der Zersetzung aufweisen, Hornsteingänge von solcher Mächtigkeit bisher noch nicht bekannt geworden sind. Das Auftreten von eigentlichen, in gröfsere Tiefen hinabsetzenden Gängen innerhalb des Kaolins habe ich auf den zahlreichen Gruben bei Halle nirgends wahrgenommen, während silicierte Kaolinpartieen häufiger vorhanden zu sein pflegen.

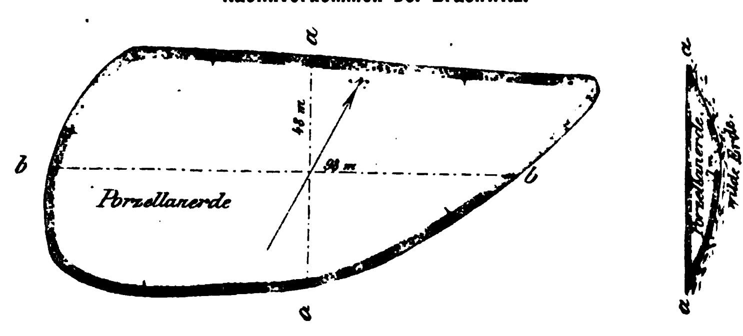
Aus allen diesen Betrachtungen geht mit Sicherheit hervor, dafs weder die Anordnung der Kaolinvorkommen und ihre Verteilung innerhalb des Porphyrgebietes, noch die Lage ihres Auftretens auf eine pyrogene Entstehungsursache hinweist.

3. Lagerungsform der einzelnen Kaolinlagerstätten.

Für das einzelne Kaolinvorkommen ergab sich aus der RÖSLERschen Theorie eine Lagerungsform, welche vor allem durch eine unendliche Teufenerstreckung charakterisiert wurde. Dieses letzte Moment ist ganz zweifellos für die Beurteilung des Charakters und der Wirkungsart der bei der Genesis tätig gewesenen Agentien von entscheidender Bedeutung: bildet einerseits die Ansicht RÖSLERS, dafs eine Abnahme der Zersetzung nach der Tiefe zu nicht stattfindet, eine der drei Hauptgrundlagen seiner Theorie, so würde andererseits der Nachweis dafür, dafs auch in vertikaler Richtung ein Übergang zum Porphyr vorhanden ist, die Auffassung vollauf rechtfertigen, dafs die Ursache der Kaolinisierung in einer Oberflächenerscheinung zu suchen ist.

Nach RÖSLER bilden die Kaolinvorkommen in den Halleschen Porphyren „stets nur vereinzelte Nester, welche rings von frischem Gestein umgeben sind“. Es wurde schon bemerkt, dafs die Bezeichnung „Nest“ aus dem Grunde nicht glücklich gewählt ist, weil im Sinne der RÖSLERschen Theorie nicht allein die Oberfläche der Porphyrdecke, sondern mehr oder weniger die durch die oberflächliche Ausdehnung der Kaolinisierung bezeichnete Porphyrmasse in ihrer Gesamtmächtigkeit kaolinisiert ist. Aber abgesehen von dem fraglichen Verhalten der Kaolinlager nach der Tiefe zu, führt diese Definition zu einer Vorstellung über die Begrenzung und Ausdehnung der Kaolinlager in horizontaler Richtung, welche in der Tat nur teilweise berechtigt ist, nämlich, dafs die Kaolinvorkommen stets nur hier und da in dem Porphyr auftreten, somit durch gröfsere Zonen unzersetzten Porphyrs von einander getrennt sind und eine geringe oberflächliche Ausdehnung besitzen.

Kaolinvorkommen bei Brachwitz.



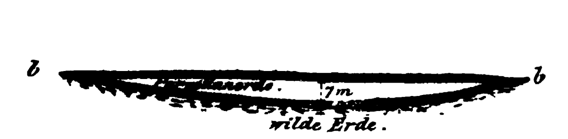
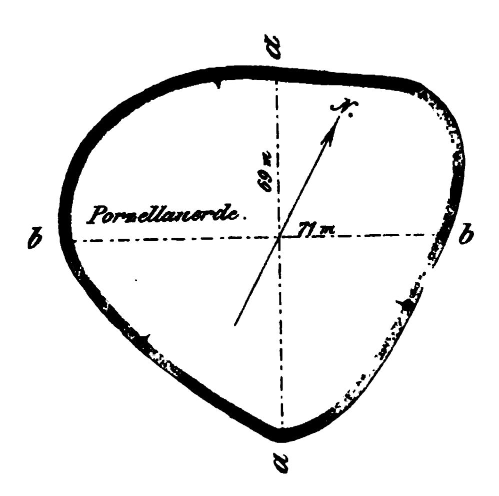
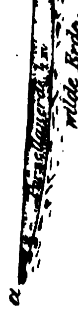


Fig. 4.





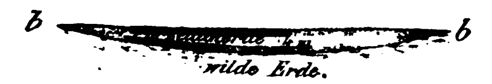


Fig. 5.

Kaolinvorkommen in der „Galgenbreite“ bei Lettin.

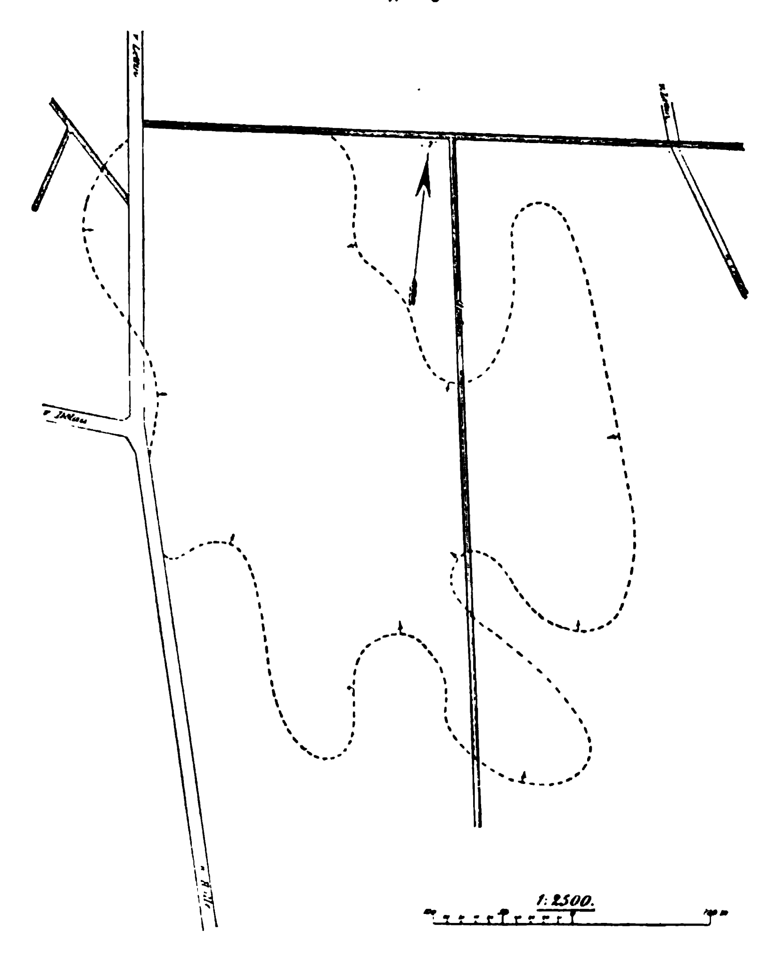


Fig. 6.

Kleinere, allseitig von nicht kaolinisiertem Porphyr umgebene Kaolinlager kommen zweifellos im Halleschen Kaolingebiet vor, und die isolierten Vorkommnisse von Brachwitz, der Dölauer Heide und anderen Orten liefern hierfür die besten Beispiele. Die Gröfse und die Form solcher vereinzelter Einlagerungen in frischem Porphyr sei durch die Figuren, Seite 64 und 65 veranschaulicht, welche das Vorkommen der Galgenbreite in der Dölauer Heide [1]) und die beiden benachbarten und durch einen schmalen Porphyrrücken getrennten Vorkommen bei Brachwitz darstellen.

Im Gegensatz hierzu läfst sich für die Mehrzahl der kaolinisierten Porphyrzonen in den beiden Hauptkaolingebieten von Morl-Groitsch und Dölau die Auffassung, dafs jene „rings von frischem Gestein umgebene Nester" bilden, kaum aufrecht erhalten. Die Kaolinisierung hat hier keineswegs nur wenige vereinzelte Stellen des Porphyrs, sondern im Gegenteil vielmehr weite Flächen desselben ergriffen, welche allerdings häufig stellenweise von dem Porphyr durchbrochen und daher in ihrem Zusammenhange gestört werden. Innerhalb dieser kaolinisierten Flächen nun treten hier und da Stellen auf, welche den höchsten Grad der kaolinischen Zersetzung aufweisen, und welche wir als eigentliche Porzellanerde-Vorkommen bezeichnen. Diese bilden somit stets Einlagerungen in einem Rohkaolin, welcher hier allgemein „wilde Erde" genannt wird. Die Anordnung und die Häufigkeit des Auftretens der Porzellanerde innerhalb der „wilden Erde" ist sehr verschieden und keiner Gesetzmäfsigkeit unterworfen: neben Flächen, die sich auf Grund von Bohrresultaten als völlig unbauwürdig erwiesen haben, treten solche auf, in denen die Porzellanerdelager dicht und in grofser Zahl beieinander liegen.

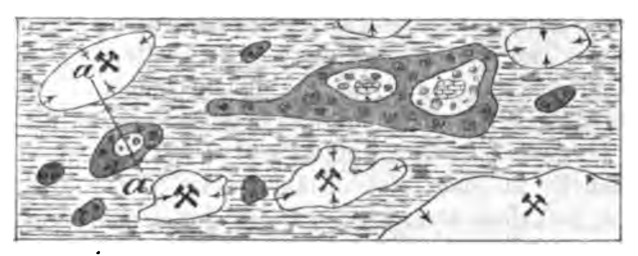
In dem Gebiete von Morl-Groitsch treten uns mehrere kaolinisierte Flächen von ganz beträchtlicher Ausdehnung

---

[1]) Nach den Akten des Königlichen Bergreviers West-Halle (Gutachten des Königlichen Bergmeisters Hecker über die Kaolinvorkommen der Dölauer Heide).

entgegen, so namentlich im ältesten Kaolingebiet westlich von Sennewitz, dann südlich von Morl am Fuſse des Götscheberges und ferner im Fuchsberggebiet in der Umgebung der Gruben HENZE, ENDLICH und ERTEL (in der Hilkendorfer Flur). Häufiger als im nördlichen Kaolingebiet von Morl-Groitsch tritt der Porphyr im Dölauer Gebiet zu Tage, aber auch hier sind weite Flächen der Porphyrdecke von der Kaolinisierung ergriffen. In allen

Schematische Skizze zur Veranschaulichung der Verteilung von Porphyr, Rohkaolin (wilde Erde) und Porzellanerde.



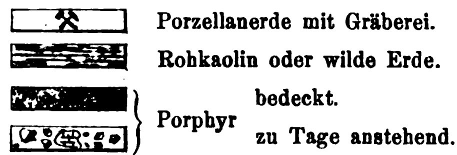


Fig. 7.

diesen Fällen breitet sich die kaolinisierte Zone mit den darin unregelmäſsig zerstreuten Porzellanerdelagern wie ein hier und da durchlöchertes Tuch über die Porphyrdecke aus, und es lassen sich innerhalb derselben, da hier eine allseitige Umlagerung von Porphyr nicht stattfindet, vielmehr umgekehrt der Porphyr allseitig von Kaolin eingefaſst wird, scharf abgegrenzte Kaolinvorkommen nicht unterscheiden.

Die Porzellanerde-Vorkommen innerhalb des Rohkaolins zeigen im Grundriſs nie die Form länglicher Streifen, sondern haben meist eine kreis- oder ellipsenförmige Gestalt, wobei im letzteren Falle die Richtung der Längsachse niemals

konstant ist, oder aber sie sind ganz unregelmäſsig geformt wie z. B. das in der Figur Seite 65 dargestellte Vorkommen der Galgenbreite bei Lettin. Sie sind stets von der wilden Erde umschlossen, und ein seitlicher Übergang bis zum Porphyr ist nur in der Richtung vorhanden, wo zufällig in der Nähe die Kaolinzone von dem Porphyr durchbrochen wird (so z. B. *a*—*a* der schematischen Skizze, Fig. 7).

Die Porzellanerde unterscheidet sich von der sie umhüllenden „wilden Erde" dadurch, daſs sie einen weit höheren Grad der kaolinischen Zersetzung darstellt und daher in technischer Hinsicht einen gröſseren Gehalt an ausschlämmbarer Tonsubstanz (= Kaolinit) besitzt. In der besten, zur Porzellanfabrikation verwendbaren Porzellanerde sind bis auf geringe Spuren alle Feldspäte — Orthoklase und Plagioklase — in Kaolinit umgewandelt. Sie läſst in naturfrischem Zustande (an dem Gewinnungsorte), am besten auf frischer Schnittfläche, die Porphyrstruktur stets deutlich erkennen: in einer meist bläulichgrau oder rötlich, auch braun gefärbten Grundmasse treten die kaolinisierten Feldspäte durch ihre lebhafte, meist fleischfarbene Färbung und einen gewissen Fettglanz scharf hervor. Die Grundmasse ist körnig, rauh, zerreiblich, die kaolinisierten Feldspäte dagegen sind weich, plastisch, lassen sich mit dem Messer schneiden und fühlen sich fettig oder talkig an. Ihres Fettglanzes wegen werden sie auch „Fettaugen" genannt.

Die Abnahme der Kaolinisierung oder der Übergang der Porzellanerde zu dem technisch unbrauchbarem Kaolin (wilde Erde) äuſsert sich in dem Auftreten der sogenannten „Sandaugen", welche als die unzersetzten oder unvollständig in Kaolinit umgewandelten Feldspäte anzusehen sind. Ihre makroskopisch erkennbaren Eigenschaften weichen erheblich von denjenigen der „Fettaugen" ab: sie sind körnig bis mehlig, ohne festeren mechanischen Zusammenhang und lassen sich daher mit dem Messer leicht aus der Grundmasse herauskratzen; sie fühlen sich sandig-mager an (daher die Bezeichnung „Sandaugen") und zeigen keine Spur von Plastizität.

Durch ihre schneeweifse Färbung heben sie sich deutlich aus der Grundmasse ab und sind daher am besten in dem aus der Zersetzung des älteren Porphyrs hervorgegangenen Kaolin wahrzunehmen. Die Sandaugenzone wird nur zu einem geringen Teile (etwa 1 m) mit hereingewonnen und als eine minderwertige Qualität in den Handel gebracht. Da der Abbau somit überall da, wo die Sandaugen aufzutreten beginnen, sein Ende erreicht, und der Kaolin stets von diluvialen oder tertiären Schichten überdeckt zu sein pflegt, so läfst sich der weitere Verlauf des Überganges bis zum Porphyr, wo ein solcher überhaupt stattfindet, nicht ohne weiteres beobachten.

Um diesen Übergang der Porzellanerde bis zum Porphyr zu verfolgen und die Abnahme der Kaolinisierung zu bestimmen, wurde die Sandaugenzone zwischen dem Ostrande der zum Teil abgebauten Grube Baensch bei Dölau und dem 38 m hiervon zu Tage anstehenden Porphyr durch drei kleine Versuchsschächte aufgeschlossen:[1]) Versuchsschacht I wurde unmittelbar am Rande der Grube angesetzt und bis zu 4 m Tiefe getrieben, wo die Härte des Kaolins den Arbeiten von Hand ein Ende setzte. Da der Versuchsschacht II, 19 m weiter östlich vom Rande des Tagebaues, den zuerst dort vermuteten Kontakt mit dem Porphyr nicht erbrachte, wurde er bei 2,80 m eingestellt. Glücklicher erwies sich der Ansatzpunkt des Versuchsschachtes III, indem dieser bei 1,70 m Tiefe die unmittelbare Berührungsstelle des Kaolins mit dem Porphyr erschlofs: der Porphyr fiel hier unter einem Winkel von etwa 40—45° nach Westen ein.

Der Versuchsschacht I liefs vor allem folgendes beobachten (vergl. Profile der 3 Versuchsschächte, Fig. 8):

0,50 bis 2,50 m. Die Magerkeit, der sandige Charakter und die Festigkeit des Kaolins nahmen mit wachsender Teufe schnell zu. Die Sandaugen, welche anfangs noch eine weiche, zusammenhanglose, zerreibliche Masse darstellten, wurden härter und liefsen sich in Bruchstücken aus der

[1]) Die Versuchsschächte wurden in Gemeinschaft mit Herrn stud. Barnitzke, welcher ebenfalls demnächst eine Abhandlung über die Hallesche Kaolinbildung veröffentlichen wird, ausgeführt.

Grundmasse herauslösen. Sie zeigten von etwa 2 m an deutliche Kristallformen, selbst Spaltbarkeit des Feldspats. Daneben waren völlig kaolinisierte Feldspäte, welche alle Merkmale der „Fettaugen“ aufwiesen, stets und oft zahlreich vorhanden. Die Grundmasse wurde zwar im ganzen etwas sandiger und härter, doch war die Veränderung ihrer Beschaffenheit weniger auffallend als diejenige der Feldspateinsprenglinge.

2,50 bis 3,00 m. Der weifse Kaolin war von zahlreichen Eisenoxydhydratschnüren durchzogen.

3,00 bis 4,00 m. Der sehr feste, von 3,00 bis 3,50 m gelbliche, dann grünliche Kaolin zeigte die typische Struktur und das Aussehen des Porphyrgesteins. Die unzersetzten Feldspäte wurden auch weiterhin auf Kosten der kaolinisierten Feldspäte zahlreicher. Die Feldspatbruchstücke wurden gröfser und liefsen sehr häufig deutliche Kristallformen erkennen. Völlig unzersetzte, bläulich und rötlich gefärbte Feldspäte traten bei 3,50 m Teufe auf. Die Grundmasse war stellenweise sehr hart und völlig sandig.

In auffallendem Gegensatz zu dem harten, porphyrähnlichen Kaolin des Schachtes I trat im Schacht II ein weifslich grauer Kaolin von sehr sandiger Beschaffenheit auf, welcher leicht in einzelne, zusammenhanglose Brocken zerfiel. Diese enthielten aufser den unversehrten Quarzkristallen Feldspäte, sowohl kaolinisierte als unzersetzte und harte. Mehrmals beobachtete ich pinitoidähnlich gefärbte Flecke auf dem Kaolinit, und in einem Fall war die gesamte kaolinitische Masse apfelgrün gefärbt.

Ganz ähnlich wie in Schacht II war die Beschaffenheit des Kaolins in Schacht III in unmittelbarem Kontakt mit dem Porphyr, der verwittert, gebleicht und mechanisch gelockert war. Über der weifsen Erde lag eine Schicht eines feinkörnigen,ockergelb gefärbten Sandes, welcher zahlreiche Feldspatbruchstücke, auch Porphyrbrocken enthielt. Der feste Porphyr und die letztgenannte Sandschicht wurden von einer nach Westen zu geringmächtiger werdenden Schicht von losen Porphyrgeröllstücken, an denen zum Teil ein weifser flockiger Anflug wahrgenommen wurde, überlagert.

Aus diesen Untersuchungsarbeiten und der damit verbundenen makroskopischen Betrachtung der hierbei erhaltenen Kaolinproben ergeben sich vornehmlich folgende Resultate:

1. Die Sandaugenzone geht n i c h t allmählich in das Muttergestein über, sondern legt sich in scharfer Grenze an den Porphyr an.

Profile der drei Versuchsschächte bei Dölau.

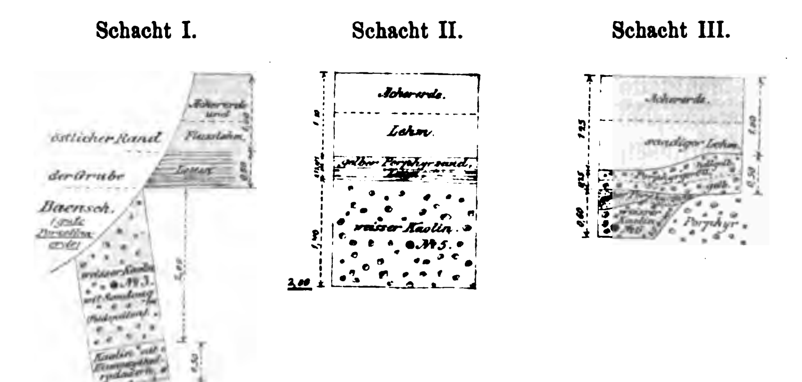


Fig. 8.

2. Nach dem Porphyr zu ist eine stete Abnahme der Kaolinisierung zu erkennen;

3. Die Feldspäte haben den kaolinisierenden Agentien einen äufserst verschiedenen Widerstand entgegengesetzt; denn in allen Handstücken und Proben finden sich s t e t s neben unversehrten Feldspäten solche, die völlig in Kaolinit umgewandelt sind.

Um die Abnahme der Kaolinisierung zahlenmäfsig zum Ausdruck zu bringen, wurden 6 Kaolinproben der Grube Baensch einer mechanischen Analyse unterworfen. Die einzelnen Proben wurden folgenden Stellen entnommen:

Probe Nr. 1: Der im westlichen Teil der Grube anstehenden besten Porzellanerde;

Probe Nr. 2: Der ebendort, aber mehr randlich anstehenden, etwas mageren Porzellanerde;

Probe Nr. 3: Der Übergangszone im Versuchsschacht I bei 1,50 bis 2 m Teufe;

Probe Nr. 4: Der Übergangszone im Versuchsschacht I bei 3,70 bis 4 m Teufe;

Probe Nr. 5: Der Übergangszone im Versuchsschacht II;

Probe Nr. 6: Der Übergangszone im Versuchsschacht III.

Zur Trennung der Gemengteile nach ihrer Korngröfse benutzte ich nach vorhergehender Absonderung der gröberen Gemengteile den SCHÖNEschen Schlämmapparat in der LOESERschen Anordnung.[1]) Die SEGERsche Einteilung der Korngröfsen in

1. Tonsubstanz bis zu 0,01 mm im Durchschnitt
2. Schluff " " 0,025 mm " "
3. Staubsand " " 0,04 mm " "
4. Feinsand " " 0,2 mm " "
5. Gröbere Trümmer, grober Sand über 0,2 mm " "

wurde jedoch nach dem Vorschlage von Herrn Dr. ing. LOESER zweckmäfsig dahin geändert, dafs durch Einschaltung eines Siebes von 5000 Maschen pro qcm die obere Grenze für Feinsand von 0,2 auf 0,1 mm herabgesetzt wurde. Ferner wurden Schluff und Staubsand zusammen abgesondert. Bei einem Durchmesser des Schlämmtrichters von 50 mm ergab sich für die Tonsubstanz die Geschwindigkeit des aufsteigenden Wasserstroms $v = 0{,}018$ cm pro Sekunde, die Piezometerhöhe $h = 1{,}5$ cm, für den Schluff und Staubsand $v = 0{,}15$ cm und $h = 16{,}25$ cm.[2])

[1]) Loeser, Kalkhaltige Tone, ihre Eigenschaften, Verhalten und Färbungen im Feuer. Halle a. S. 1906.

[2]) Post, Chemisch-Technische Analyse, Bd. 2. — Wahnschaffe, Wissenschaftliche Bodenuntersuchung. — Loeser, Handbücher der keramischen Industrie, 1. Teil. — Die Schlämmanalysen lieferten zugleich das Material zu den in dem Kapitel „Verwitterung“ besprochenen optischen Untersuchungen. Die Verwitterungsprodukte waren demselben Verfahren bei gleichen Bedingungen unterworfen worden.

Mechanische Analyse von 6 Kaolinproben von Dölau.

Tabelle I.

Absonderung der groben Bestandteile durch das 900- und 5000-Maschen- (pro qcm) Sieb.

In %, bezogen auf die bei 120° getrocknete Substanz.

	Porzellanerde				Kaoline der Übergangszone							
Kaolin	Nr. 1		Nr. 2		Nr. 3		Nr. 4		Nr. 5		Nr. 6	
Probe	a und b	im Mittel	a und b	im Mittel	a und b	im Mittel	a und b	im Mittel	a und b	im Mittel	a und b	im Mittel
I. Rückstand des 900-Masch.-Siebes	8,98 9,79	9,38	11,92 12,22	12,07	15,14 14,08	14,61	40,18 41,26	40,72	25,86 24,23	25,04	30,24 28,32	29,28
II. Rückstand des 5000-Masch.-Siebes	10,86 10,52	10,69	7,68 7,78	7,73	6,12 6,18	6,15	14,66 13,56	14,11	29,66 27,55	28,61	29,25 27,47	28,36
Summe der groben Bestandteile . . .		20,07		19,80		20,76		54,83		53,65		57,64

Tabelle II.

Die durch das Schönesche Schlämmverfahren erhaltenen Werte, bezogen auf die bei 120° getrocknete Substanz des Durchgangs durch das 5000-Maschen-Sieb (d. i. ohne Berücksichtigung der groben Bestandteile).

In %.

	Porzellanerde		Kaoline der Übergangszone			
Kaolin	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6
Feinsand 0,04—0,1 mm	14,28	15,24	19,99	16,19	25,65	22,10
Staubsand und Schluff 0,01—0,04 mm	14,60	19,31	34,05	24,84	29,48	28,61
Physikalische Tonsubstanz bis 0,01 mm	71,12	65,45	45,96	58,97	44,87	49,29

Tabelle III.

Zusammensetzung der untersuchten Kaoline auf Grund der mechanischen Analyse (Tabelle I und II). In %.

Kaolin	Porzellanerde		Kaoline der Übergangszone			
	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6
I. Rückstand der gröberen Bestandteile	9,38	12,07	14,61	40,72	25,04	29,28
II. Rückstand der gröberen Bestandteile	10,64	7,73	6,15	14,11	28,61	28,36
Feinsand	11,41	12,22	15,84	7,31	11,89	9,36
Staubsand und Schluff . .	11,67	15,49	26,98	11,22	13,66	12,12
Gesamtsumme der Mineraltrümmer . .	43,15	47,51	63,58	73,36	79,20	79,12
Physikalische Tonsubstanz	56,85	52,49	36,42	26,64	20,80	20,88

Tabelle IV.

Berechnung der (chemischen) Tonsubstanz aus dem Glühverlust (Hydratwasser) der bei 120° getrockneten Substanz nach Absonderung der groben Mineraltrümmer (Durchgang durch das 5000-Maschen-Sieb.) In %.

Kaolin	Porzellanerde		Kaoline der Übergangszone			
	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6
	79,63	64,36	48,26	63,70	43,30	48,99

Tabelle V.

Berechnung der (chemischen) Tonsubstanz aus dem Glühverlust mit Berücksichtigung der groben Mineraltrümmer und Gegenüberstellung mit den entsprechenden durch die Schlämmethode erhaltenen Werten der Tonsubstanz. In %.

Kaolin	Porzellanerde		Kaoline der Übergangszone			
	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6
Durch die Hydratwasserbestimmung erhaltene Werte	56,45	51,62	38,24	28,77	20,07	20,75
Durch die Schlämmanalyse erhaltene Werte . . .	56,85	52,49	36,42	26,64	20,80	20,88

Die makroskopischen Betrachtungen der Kaolinproben wurden durch mikroskopische Untersuchungen der durch die mechanischen Analysen erhaltenen Schlämmrückstände hinsichtlich der mineralogischen Natur ihrer Bestandteile ergänzt, wobei jedoch die accessorischen Mineralien aufser acht gelassen wurden.

Der Rückstand des ersten Siebes, welches 900 Maschen pro qcm besafs, bestand bei den beiden Porzellanerdesorten lediglich aus matten, glanzlosen Bruchstücken der Quarzeinsprenglinge; wohlerhaltene Quarzdihexaeder waren nur vereinzelt zu beobachten. In allen Proben der Übergangszone traten im ersten Siebrückstand aufser dem Quarz reichliche Mengen von unzersetzten, schneeweifs, seltener schwach gelblich gefärbten Feldspatbruchstücken auf, deren Oberflächen teils glatt, teils porös und zerfressen erschienen. Die mikroskopische Untersuchung der zuerst auftretenden eigentlichen Sandaugen, welche durch Zerreiben in ein sandiges Pulver zerfielen, lieferte den vollgültigen Beweis dafür, dafs die Sandaugen in der Tat unzersetzte Feldspäte (und zwar in erster Linie Orthoklase) darstellen, die nur vereinzelt stärker doppelbrechende Zersetzungsprodukte enthielten.

In dem Rückstand des 5000-Maschensiebes wurde Feldspat zuerst in Probe Nr. 2 in einem Falle, in den Proben Nr. 3—6 dagegen nicht selten in scharfkonturierten Spaltblättchen nachgewiesen. Neben den Quarz-Einsprenglingen waren in allen Proben Quarze der Grundmasse in scharf begrenzten rhombischen Querschnitten vorhanden.

Der Feinsand bestand im wesentlichen aus Grundmasse-Quarz, zu welchem in den Proben Nr. 3—6 aus der Grundmasse stammende Feldspäte hinzutraten; diese waren entweder unzersetzt oder zeigten sericitische Zersetzungsprodukte.

In sämtlichen Präparaten von Schluff und Staubsand wies die mikroskopische Analyse Feldspatreste nach, welche in den dem Porphyr näher gelegenen Kaolinsorten am häufigsten aufzutreten schienen. Quarz war auch hier stets vorhanden, Glimmer- und Kaolinitschüppchen wurden gelegentlich beobachtet.

Der Übergang der Porzellanerde zu der sogenannten „wilden Erde“, welche schliefslich zum Porphyr überleitet, wird somit durch das Auftreten der Sandaugen gekennzeichnet. Die Abnahme der Kaolinisierung erhält gleichsam in den Erscheinungen, welche den Gegenstand der vorhergehenden Betrachtungen gebildet haben, ihren sichtbaren Ausdruck. Hieraus ergibt sich folgender wichtiger Schlufs: Besteht die Röslersche Theorie, welche nur einen seitlichen Übergang in den Porphyr anerkennt und eine Abnahme der Kaolinisierung nach der Tiefe zu leugnet, zu Recht, so mufs das Auftreten der Sandaugen lediglich auf die randlichen Teile der Porzellanerde-Vorkommen beschränkt und niemals in vertikaler Richtung, in der Tiefe zu beobachten sein.

Diese Folgerung ist jedoch nicht erfüllt, und damit fällt die zweifellos wichtigste Stütze der Rösleschen Theorie. Auf allen Gruben des Halleschen Kaolingebietes, wo die zeitigen Abbauverhältnisse es gestatteten, habe ich nicht nur randlich, sondern stets auch auf der Sohle, im Tiefsten des Porzellanerdelagers die Sandaugen beobachtet. Ihr Aussehen war völlig übereinstimmend mit dem der randlich auftretenden und oben beschriebenen Sandaugen, und die mikroskopische Untersuchung mehrerer Proben bestätigte in vollem Umfange die Gleichheit der mineralogischen Natur beider Erscheinungen.

Es ist für alle Halleschen Porzellanerdegruben eine nur von Rösler bestrittene Tatsache, dafs in ihnen die Porzellanerde nach der Tiefe zu magerer, der Kaolingehalt also geringer wird. Überall bildet die Porzellanerde der obersten Teufen die fetteste, beste Erde, während diejenige aus gröfserer Teufe stets magerer ist und häufig sogar aus diesem Grunde getrennt von der ersteren hereingewonnen und zu weniger feinen keramischen Zwecken verwendet wird. Hierbei unterscheiden sich nicht selten (z. B. auf den Gruben Höpfner, Ertel, Strumpf, Ebert, Dippe-Morl u. a.) die beiden ziemlich scharf abgegrenzten Horizonte durch eine verschiedene Färbung, die aber nur in naturfrischem Zustande zu beobachten ist: die obere fette

Erde erscheint rötlich bis weifs, die untere, magere Erde dagegen grau bis bläulich. Die fette Porzellanerde wird in der Regel von einer bis zu 2 m, durchschnittlich aber 0,50—1 m mächtigen Schicht eines quarzfreien oder wenig Quarz enthaltenden, gelbgrauen, unreinen Tones überlagert, welcher „Letten" genannt wird und technisch nicht verwertbar ist.

Durch das Auftreten der Sandaugen erlangt die Porzellanerde auch in vertikaler Richtung die Grenze ihrer technischen Verwertbarkeit, und ein weiteres Tiefergèhen des Abbaues verlohnt daher nicht. Die Abnahme der Kaolinisierung, deren untrüglicher Nachweis durch das Vorhandensein der „Sandaugen" geliefert wird, bildet die wahre Ursache dafür, dafs die Abbaue sich nicht in gröfsere Teufen erstrecken; nur in ganz vereinzelten Fällen haben reichlichere Wasserzuflüsse ein Tiefergehen bis zur Sandaugenzone verhindert. Nirgends jedoch habe ich beobachtet oder die Röslersche Ansicht vertreten gefunden, dafs ausschliefslich die zunehmende Härte und Kompaktheit des Gesteins der Gewinnung der wertvollen Porzellanerde Einhalt gebietet. Allenthalben treten die Sandaugen in einem Kaolin auf, der noch ohne Mühe von Hand hereingewonnen werden konnte und einer maschinellen Zerkleinerung nicht bedurfte. Wenn trotzdem der Abbau in vertikaler Richtung nicht weiter vorrückt, so liegt eben der Grund einzig und allein in der geringen Qualität des Kaolins, in seinem geringen Gehalt an ausschlämmbarer Masse. Ich bezweifle, ob überhaupt die Festigkeit des Kaolins allein die Veranlassung geben würde, das wertvolle, nur erhärtete Material in der Tiefe nicht abzubauen, da doch der weniger wertvolle Kapselton, der bei Cöllme und Bennstedt in mächtigen Lagern ansteht, trotz seiner bedeutenden Härte mit ökonomischem Vorteil gewonnen wird. Die Röslersche Auffassung, dafs eine Abnahme der Kaolinisierung in der Teufe nirgends auf den Gruben statthabe, steht im Widerspruch mit den tatsächlichen Beobachtungen und Ansichten der Grubenbesitzer und der auf den Gruben beschäftigten Personen. Ein völliger Übergang bis zum unzersetzten Gestein ist zwar auch in vertikaler Richtung aus den mehrmals

angegebenen Gründen in den Gruben nicht zu verfolgen, aber das in gleicher Weise beobachtete Auftreten der Sandaugen sowohl in der Tiefe als in den randlichen Zonen des Porzellanerdelagers berechtigt uns schon vollauf, auch in vertikaler Richtung eine weitere Abnahme und einen Übergang zum Porphyr anzunehmen.

Der Verlauf der Sandaugenzone konnte zur Zeit meiner Untersuchungen in dem westlichen Teile der Grube Baensch vortrefflich beobachtet werden. Durch den Abbau war die Sandaugenzone in einem von Westen nach Osten verlaufenden Profil etwa 50 m lang und 1—1$^1/_2$ m tief angeschnitten. Unmittelbar am Rande des Porzellanerde-Vorkommens fiel die Sandaugenzone ziemlich steil nach Osten ein, verflachte sich aber sehr schnell, so dafs sie nur wenige Meter weiter östlich vom Ausgehenden die gute Erde völlig unterlagerte. Das weitere flache Einfallen der Sandaugenzone unterhalb der Porzellanerde liefs sich in dem gesamten noch anstehenden Kaolin der Grube verfolgen. Das Profil liefs somit sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung in gleicher Weise eine Abnahme der Kaolinisierung erkennen (siehe Figur 9, S. 81).

Die Behauptung Röslers, eine Abnahme des Kaolingehaltes nach der Teufe zu habe in den Halleschen Porzellanerde-Gruben nicht statt, ist somit als widerlegt anzusehen, und die aus obigen Beobachtungen sich ergebende Auffassung, dafs die Sandaugenzone ebenso wie seitlich auch vertikal zum unzersetzten Muttergestein überleite, hat den gröfsten Grad der Wahrscheinlichkeit an sich.

Es mufste daher wünschenswert erscheinen, diese alte ursprüngliche, nur von Rösler bekämpfte Ansicht durch den direkten Nachweis, dafs auch in vertikaler Richtung die Porzellanerde in unzersetztes Gestein übergeht, zur unbestreitbaren Tatsache zu erheben. Nur eine Bohrung, im Tiefsten eines Kaolinvorkommens angesetzt, konnte hier zum Ziele führen. Ich bin daher der Königlichen Geologischen Landesanstalt zu Berlin zu gröfstem Danke verpflichtet, dafs sie durch Ausführung einer Bohrung den wertvollsten Beitrag zu der

Lösung der wissenschaftlichen Streitfrage geliefert hat.[1]) Dank des Entgegenkommens des Herrn Gruben- und Fabrikbesitzers Baensch konnte die Bohrung wie die früheren Arbeiten zur Untersuchung des seitlichen Überganges in der Grube Baensch bei Dölau ausgeführt werden.

Die Grube Baensch baut mit den benachbarten Gruben Henze I und II auf einem der gröfsten und ertragreichsten Kaolinvorkommen, welches durch einige schmale Rücken wilder Erde gleichsam in drei Spezialmulden zerfälllt. Die nördlichste dieser Spezialmulden bildet das zum gröfsten Teil abgebaute und verfüllte Feld der Grube Baensch. Die Porzellanerde, welche rings von dem Rohkaolin umgeben ist, fällt nach allen Seiten im Sinne einer geschlossenen Mulde ein, deren Tiefstes jedoch infolge eines steileren Einfallens des östlichen Randes nicht im Mittelpunkte, sondern westlich davon, etwa 50 m vom östlichen Rande entfernt, gelegen ist. An dieser bereits abgebauten Stelle, an welcher nach freundlichen Angaben von Herrn Baensch die Maximalmächtigkeit der abbauwürdigen Erde 12 m betragen hatte, und auch hier die Sandaugenzone angetroffen worden war, wurde das Bohrloch angesetzt: hier mufste, wenn die Spaltentheorie zu Recht besteht, in erster Linie angenommen werden, dafs die Kaolinbildung in eine beträchtliche Tiefe hinabsetze.

Das Resultat der Bohrung war eine volle Bestätigung der aus dem Auftreten der Sandaugen in der Tiefe gezogenen Schlufsfolgerungen: bei stets abnehmender Kaolinisierung wurde bei einer Bohrlochtiefe von nur 14 m der Porphyr mit Sicherheit erbohrt, und eine Übergangszone von nur 6—7 m ermittelt (s. Profil Fig. 9).

Die Bohrung wurde mittels Meifsels und Wasserspülung niedergebracht. Infolge dieser Methode erfolgte eine Schlämmung des Kaolins, indem die Tonsubstanz durch den Wasserstrom fortgeführt wurde und die gröberen Schlämmrückstände jederzeit durch ein Sieb aufgefangen werden

[1]) Die Anregung zu dieser Bohrung erfolgte gemeinsam mit Herrn Barnitzke.

konnten. Durch die Tonsubstanz erhielt der Trübestrom ein weifses, milchiges Aussehen. Die Schlämmrückstände, von denen in Abständen von je $^1/_2$ m Proben genommen wurden, bildeten neben der Färbung des abfliefsenden Wassers untrügliche Mittel zur Erkenntnis des durchteuften Gesteins.

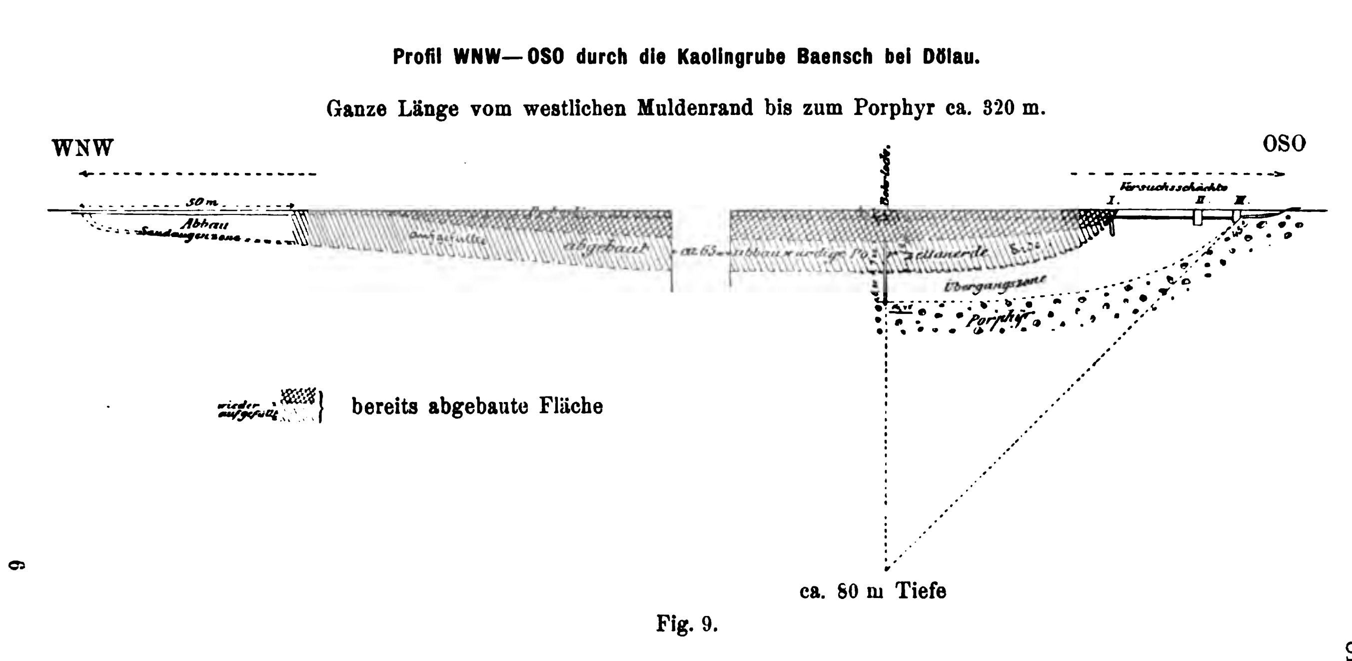
Nachdem das aufgefüllte Erdmaterial in 7,20 m Mächtigkeit durchbohrt worden war, wurde bei einer von der Kaolinoberfläche an gerechneten Teufe von 12 m der Kaolin erreicht. Die Härte und Festigkeit des Gesteins war von Anfang an beträchtlich und nahm mit wachsender Teufe schnell zu, so dafs die Bohrleistungen täglich geringer wurden. Bei etwa 14,50 m Bohrlochsteufe (= 19,30 m Gesamttiefe, abzüglich 1,50 m Deckgebirge) erwies sich die Härte so stark, dafs der Meifsel beschädigt wurde.

Das aus der Rohrtour ausfliefsende Wasser war anfangs stark milchig getrübt, wurde jedoch allmählich heller und durchsichtiger und war von 13,50 m an völlig klar; auf diese Weise wurde eine stetige Abnahme des Kaolingehalts nach der Tiefe zu angezeigt.

Vor allem liefsen die Schlämmproben den Übergang vom Kaolin zum Porphyr deutlich erkennen. Die ersten Proben enthielten reichlich Quarzbruchstücke, vermischt mit kleinen grauen Feldspatresten und Grundmasseteilchen, deren Menge und Gröfse mit wachsender Teufe zunahm. Bei 3,30 m der Übergangszone zeigten sich die ersten Feldspäte mit deutlichen Kristallformen. Die Proben von 3,80 m Tiefe, welche zum Teil feste Brocken von 0,5 cm Gröfse bildeten, hatten ausgeprägte porphyrische Gesteinsstruktur, indem in einer sandigen, grauen Grundmasse neben Quarzkristallen völlig in Kaolinit umgewandelte Feldspäte deutlich sichtbar waren. Der Anteil der unzersetzten Feldspäte an der Zusammensetzung der Schlämmrückstände wurde in den folgenden Proben beständig gröfser, wobei jene nunmehr häufig neben einer leicht bestimmbaren kristallographischen Ausbildung auch charakteristische physikalische Eigenschaften, wie Spaltbarkeit und Glanz auf den Spaltflächen, erkennen liefsen.

Profil WNW—OSO durch die Kaolingrube Baensch bei Dölau.

Ganze Länge vom westlichen Muldenrand bis zum Porphyr ca. 320 m.



bereits abgebaute Fläche

Fig. 9.

Nachdem von 6,30 m an (= 13,50 m Bohrlochstiefe) der Wasserstrom sichtbar keine tonigen Bestandteile mehr enthielt, konnte die bei 6,80 m (= 14,00 m Bohrlochstiefe) entnommene Probe in der Tat auf Grund des makroskopischen Befundes als Porphyr angesprochen werden. Die Bohrung wurde trotzdem noch 0,87 m fortgesetzt und bei einer Bohrlochstiefe von insgesamt 14,87 m eingestellt. Die letzten, bei 7,30 m (bezw. 14,50 m), 7,50 m (bezw. 14,70 m) und 7,67 m (bezw. 14,87 m) erhaltenen Proben beseitigten jeden Zweifel an der porphyrischen Natur des Gesteins.

Der Einwand, dafs schliefslich auch bei einem gangförmigen Vorkommen, sofern es nicht unter 90° einfällt, der Porphyr stets als Liegendes auftritt, und daher seine Erbohrung an sich nicht als ein Argument gegen eine in die ewige Teufe gang- oder schlauchförmig hinabsetzende Kaolinisierungszone angesehen werden könne, wird durch das Profil (S. 81), welches sich auf Grund des Bohrresultates und der früheren Beobachtungen ergibt, widerlegt. Unter Beibehaltung des im Versuchsschacht III beobachteten Einfallwinkels von 45° würde der Porphyr erst in einer Teufe von etwa ∽ 80 m angetroffen worden sein. Das Profil zeigt deutlich, dafs der unzersetzte Porphyr sich muldenförmig mit einem flacher werdenden Einfallen — in gleicher Weise, in der die Sandaugenzone im westlichen Teile der Grube Baensch es vortrefflich veranschaulicht — unter den Kaolin legen mufs. Eine Fortsetzung der Unterlagerung des Kaolins durch den Porphyr in dem gezeichneten Profil nach Westen hin dürfte wohl kaum anzuzweifeln sein, so dafs das Porzellanerdelager mantelförmig von der Übergangszone eingefafst wird.

Was lehren nun diese Untersuchungen und was ist durch sie erreicht? Wir haben ohne Zweifel jene Ansicht bestätigt gefunden, welche von jeher die Geologen für die Halleschen Vorkommen vertreten haben, und welche von Rösler allein nicht geteilt wird, dafs die Kaolinisierung des Porphyrs ausschliefslich als eine oberflächliche Umbildung der Porphyrdecke anzusehen ist und daher in nicht allzu beträchtlicher Teufe ihr Ende erreicht. In diesem Sinne haben sowohl von Veltheim als auch Laspeyres die

Porzellanerdebildung aufgefafst, wenn auch beide die Tiefe, bis zu welcher der Porphyr umgewandelt sein kann, unterschätzten. Die gröfste Tiefe, die mir bekannt geworden ist, ist die auf Grube Henze II bei Dölau und Dippe-Brachwitz, in denen die technisch brauchbare Erde in etwa 19 m Mächtigkeit ansteht. Die nächsttiefsten Gruben sind Henze I (17—18 m), Ertel-Hilkendorf (12—15 m), Schmidt-Morl (14—15 m), Prinzgrube (8—12 m) und Hädicke-Reiche (11—12 m); in den übrigen Gruben greift die Porzellanerdebildung durchschnittlich 3—10 m tief in den Porphyr hinein.



Profil nach der Linie AB (siehe Meßtischblatt) nördlich von Dölau (nach v. Bennigsen-Förder).

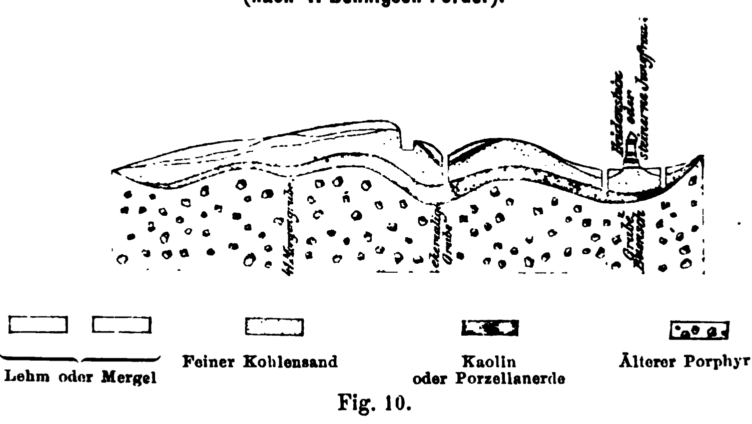


Fig. 10.

Von dieser allgemeinen Vorstellung über die Lagerungsform des Kaolins gibt das im wesentlichen von Norden nach Süden mitten durch das Dölauer Kaolingebiet gelegte Profil Zeugnis, welches durch von Bennigsen-Förder entworfen und seiner „Bodenkarte der Umgegend von Halle" beigegeben ist (Fig. 10).

Die Ursache dafür, dafs das wirkliche Liegende der Kaolinvorkommen, der unzersetzte Porphyr, weder bei den dem Abbau vorausgehenden Bohrungen, noch bei dem eigentlichen Abbau selbst in der Regel nicht erreicht wird, liegt in der technischen Unbrauchbarkeit des Kaolins der Ubergangszone. Sobald diese erbohrt oder in der Grube angehauen wird, ist der den Untersuchungs- und Abbau-

arbeiten innewohnende technisch-wirtschaftliche Zweck erfüllt. Aus diesem Grunde finden wir in den Bohrtabellen nur selten eine Angabe über das Liegende des Kaolins. Ein um so gröfseres geologisches Interesse verdienen daher die Resultate über die Abbohrung von drei kleineren Kaolinvorkommen in der Dölauer Heide im Jahre 1865,[1]) und zwar in der sogenannten Lochbreite und westlich von dem im Jahre 1864 aufgeschlossenen grofsen Lager der Galgenbreite. Bei allen drei Vorkommen waren sämtliche Bohrlöcher auf das Liegende gestofsen, welches in den Bohrtabellen als „aufgelöster Porphyrgrand" oder als „aufgelöster Porphyrgrand mit Porzellanerde vermengt" bezeichnet ist. Die nestförmige Einlagerung des Kaolins in unzersetztem Muttergestein ist somit für jene isolierten Vorkommen schon damals bewiesen worden.

Als Lagerungsart der Porzellanerde innerhalb des Kaolins ergibt sich in der Regel, je nach dem Grade des Einfallens, der Mächtigkeit und der oberflächlichen Erstreckung des Lagers eine Mulden- oder Kesselform. Da nach meinen Beobachtungen (von vereinzelten Ausnahmen abgesehen) die Grenze der Übergangszone und der Porzellanerde auf der Sohle der Gruben meist sehr wenig fällt oder steigt und nur an den Rändern des Vorkommens sich häufiger steiler heraushebt, so ist die Bezeichnung der Lagerungsform als „flache Mulde" meines Erachtens zutreffender als diejenige als „Kessel", dessen Begriff immerhin mit der Vorstellung einer im Verhältnis zur oberflächlichen Ausdehnung gröfseren Tiefenerstreckung verbunden ist. Die Muldenform der Porzellanerde-Vorkommen sei durch das Dölauer Profil und durch die aus den Resultaten der stets bis auf die Übergangszone niedergebrachten Bohrungen konstruierten Profile der beiden kleineren Brachwitzer Vorkommen veranschaulicht. (S. 81 und S. 64.)

Die Porzellanerde-Vorkommen erscheinen endlich überall als Einlagerungen eines mageren Kaolins, der „wilden Erde", welche gleichsam in Form einer Decke auf einer

---

[1]) Gutachten des Königl. Bergmeisters Hecker. Akten des Königl. Bergreviers West-Halle.

wellenförmigen Oberfläche des unzersetzten Porphyrs aufliegt, hier und da von diesem durchbrochen und daher in ihrem Zusammenhange mehr oder weniger gestört wird (s. das schematische Idealprofil, Fig. 11).

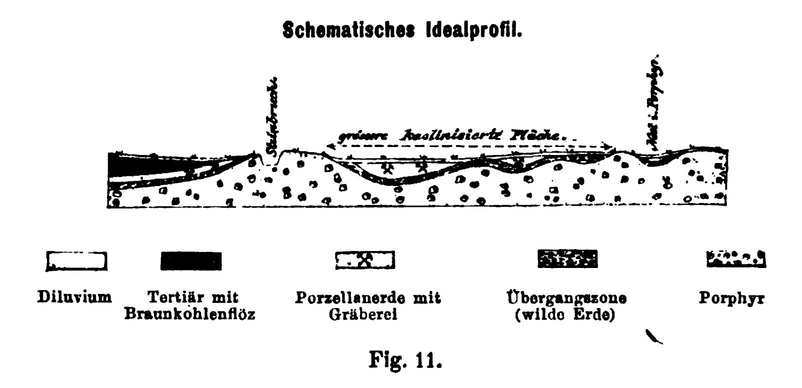


Fig. 11.

V. Das Auftreten accessorischer Mineralien im Kaolin und Porphyr.

1. Allgemeines.

Das dritte Hauptargument Röslers zum Beweise einer pneumatolytischen Entstehung der Kaolinlagerstätten ist das Auftreten gewisser Mineralien im Kaolin, welche er als durch den Kaolinisierungsprozefs selbst entstandene Neubildungen ansehen und aus deren Natur er Schlüsse auf die Ursache der Kaolinbildung ziehen zu können glaubt. Auf Grund der Paragenese von Kaolinit mit fluor- und borhaltigen Mineralien, wie Turmalin, Topas und Flufsspat, ferner mit Schwefelkies, Spateisen, Graphit, Zinnerz und Türkis hält Rösler es für durchaus wahrscheinlich, dafs die kaolinisierenden Agentien in Form von fluor-, borsäure-, schwefelwasserstoff- oder schwefeldioxyd- und kohlensäurehaltigen Gasen und heifsen Lösungen auf Spalten aufgestiegen wären und von dort die Umwandlung des Gesteins bewirkt hätten.

Die Assoziation des Kaolinits mit Mineralien, deren Entstehung nach allgemeiner Auffassung pneumatolytischen Vorgängen zugeschrieben wird, vor allem von Zinnerz, Türkis, Graphit, vielleicht auch von Turmalin, spricht in der Tat sehr zugunsten der RÖSLERschen Theorie. Nun kann aber dieses Moment für die pyrogene Entstehungsart des Kaolins zweifellos nur für die Lagerstätten geltend gemacht werden, für welche eine solche Mineralgesellschaft zutrifft, und solcher gibt es tatsächlich nur sehr wenige. RÖSLER hält ferner schon die Mineralkombination von Turmalin, Topas und Flufsspat, welche er ziemlich häufig in den Schlämmrückständen nachgewiesen hat, auf Grund ihrer Zugehörigkeit zur Zinnerzformation für einen hinreichenden Beweis für die Richtigkeit seiner Auffassung über die Entstehung des Kaolins. Ist schon für die genannten Fluormineralien, ferner auch für Schwefelkies, Spateisen usw., eine andere Entstehungsart als die durch pyrochemische Prozesse an sich keineswegs ausgeschlossen, eine solche in vielen Fällen sogar wahrscheinlicher, so kann ein enger genetischer Zusammenhang dieser Mineralien mit dem Kaolin, derart, dafs sie lediglich durch den Kaolinisierungsprozefs und gleichzeitig mit diesem entstanden sind, erst dann angenommen werden, wenn sie sicher nur in dem Kaolin, nicht auch zugleich in dem unzersetzten Muttergestein auftreten, andernfalls sie als zufällige Bestandteile des Kaolins anzusehen sind und für die Deutung der bei der kaolinischen Gesteinsumwandlung tätig gewesenen Agentien nicht herangezogen werden können.

Während es RÖSLER durch sorgfältige Untersuchung der Schlämmrückstände in der Tat gelungen ist, für mehrere wichtige Kaolinlagerstätten das Vorhandensein von Neubildungen nachzuweisen, welche in dem unzersetzten Muttergestein nicht beobachtet sind, und für welche daher eine syngenetische Entstehung mit dem Kaolin immerhin als möglich angenommen werden mufs, so hat gerade die Prüfung der Schlämmrückstände Hallescher Kaoline nicht den Beweis zu liefern vermocht, dafs in diesen Neubildungen vorhanden sind, deren Entstehungsursache notwendiger Weise im Kaolinisierungsprozefs selbst zu

suchen ist. Nur der Schwefelkies, der in bedeutendem Maſse in dem Halleschen Kaolin makroskopisch auftritt, scheint dieser Tatsache zu widersprechen: im Sinne der Röslerschen Theorie würde seine Gegenwart auf schwefelhaltige Agentien, also auf Solfataren, hinweisen, doch sprechen gewisse Anzeichen dafür, daſs die Entstehung des Pyrits vielmehr hydrochemischen Prozessen zuzuschreiben ist, und daſs daher in dem Vorhandensein dieses Minerals in dem Kaolin eine Stütze der Pneumatolyse-Theorie kaum zu erblicken sein dürfte.

2. Die Zinnmineralien, die Schwefelverbindungen und die Karbonate.

Eine ganz untergeordnete Rolle spielen in den Halleschen Kaolinvorkommen gerade jene Fluormineralien, deren genetische Beziehungen zur Zinnerzformation den Gedanken einer pneumatolytischen Entstehung des Kaolins zuerst nahe gelegt haben, und welche tatsächlich in einigen Kaolindistrikten in bedeutenden Mengen mit Kaolin vergesellschaftet auftreten.

Von den fluorhaltigen Zinnerzbegleitern ist der Topas, für dessen Bildung aus Tonerde-Silikaten in den Kontaktzonen der Granite und vielleicht auch auf Zinnerzgängen pneumatolytische Prozesse angenommen werden müssen, welcher aber anderswo sicher als ein auf nassem Wege durch gleichzeitige Zersetzung von Feldspat und Glimmer entstandenes Produkt anzusehen ist,[1]) weder in den Schlämmrückständen noch auf Spalten oder in Hohlräumen des frischen Porphyrs beobachtet worden.

Dagegen ist es Rösler gelungen, in einer Kaolinprobe von Teicha bei Halle wenig braunen Turmalin zu finden. Die sekundäre Bildung dieses Minerals, z. B. im Granitkontakt, beruht zweifellos auf pneumatolytischen Vorgängen, und seine Bildung auf nassem Wege, für welche Bischof[2])

---

[1]) G. Bischof, Chemische und physikalische Geologie, 1864, II, S. 100.

[2]) A. a. O. S. 550.

eintritt, erscheint weit weniger sicher als die beim Topas. Verbietet es sich zwar schon von selbst, aus diesem vereinzelten Vorkommen des Turmalins in der Porzellanerde irgend welche Schlüsse auf den Charakter der kaolinisierenden Agentien zu ziehen, so würden diese auf Grund des bedeutungsvollen Nachweises des Turmalins in dem porphyrischen Muttergestein als hinfällig zu betrachten sein, in dem er durch HAASE als primärer Einschlufs eines Glimmers in einem Dünnschliff des jüngeren Porphyrs von Schwertz beobachtet wurde.[1])

Das weitaus interessanteste Fluormineral ist jedoch der Flufsspat, welcher durch sein Auftreten in dem Halleschen Porphyr und in dem Kaolin eine historische Bedeutung für die gesamte Kaolinbildung erlangt hat, indem er als der Ausgangspunkt der pneumatolytischen Theorie angesehen werden kann: wie schon erwähnt, führte LEOPOLD VON BUCH die Entstehung des Kaolins und Flufsspats, welchen er in nicht unwesentlichen Mengen in der Porzellanerde gefunden hatte, auf eine Durchdringung des Gesteins durch „Flufsspatsäure" zurück — eine Auffassung, für welche er in den Beobachtungen am Sandfelsen bei Halle eine Bestätigung zu finden glaubte.

In seltsamem Gegensatze hierzu hat RÖSLER den Flufsspat auch mikroskopisch nicht in einer einzigen seiner zahlreichen Kaolinproben von Halle nachgewiesen, so dafs schon hierdurch der Charakter des durch L. v. BUCH gefundenen Flufsspats als eines zufälligen Bestandteiles des Kaolins gekennzeichnet, und seinen Folgerungen die Grundlage entzogen ist. Dafs in der Tat der Hallesche Flufsspat in keinem Zusammenhange mit den eigentlichen Kaolinlagerstätten steht, wird durch die Art seines Auftretens bewiesen.

Abgesehen von dem Vorkommen am Sandfelsen, welcher dem Steinbruchsbetrieb zum Opfer gefallen ist, sind die bedeutendsten Fundorte des Fluorits der Porphyr des Petersberges und der Liebecke bei Wettin. Er tritt an beiden Orten als Ausfüllung von Klüften und in Hohl-

[1]) Nach freundlichen mündlichen Angaben von Herrn Haase.

räumen des Gesteins in grünen oder violetten Massen neben anderen sekundären Mineralien, namentlich Kalkspat (Petersberg) und Eisenspat (Wettin) auf; am Petersberge gesellt sich zu dem Kalkspat in sehr bezeichnender Weise sekundärer Albit. Die allerdings seltenen Pseudomorphosen von Flufsspat nach Feldspat lassen kaum einen Zweifel über die Entstehung des Flufsspates auf nassem Wege bestehen. Auch die neueren Beobachtungen und Untersuchungen HAASES[1]) über die trüben matten Flufsspäte vom Petersberg, nach welchen die Trübung durch feinschuppige Zersetzungsprodukte des Feldspats verursacht wird, sind in genetischer Hinsicht sehr bemerkenswert. Neben den beiden Vorkommen des Petersberges und der Liebecke bei Wettin, die ganz aufserhalb des Halleschen Kaolingebietes gelegen sind, ist der Fluorit in geringeren Mengen noch hier und da beobachtet worden: so erwähnt ihn z. B. v. VELTHEIM bei Cröllwitz, auch hier in Gesellschaft mit Kalkspat, und LASPEYRES am Galgenberge.

Die mannigfachsten Erörterungen über die Entstehung des Halleschen Flufsspats knüpfen sich an das hierdurch berühmt gewordene Vorkommen im Porphyr des Sandfelsens, welcher durch eine feine Imprägnation von Flufsspat violett gefärbt erschien. Die Ansicht LEOPOLD v. BUCHS wurde bereits erwähnt. Schon Herr v. VELTHEIM, der ausgezeichnete Kenner der Halleschen Geologie, vertrat nicht ganz den Standpunkt seines Zeitgenossen, wenngleich er die Frage nach der Entstehung des Flufsspats offen läfst. In seinem früher zitierten Werke sagt er: „Ohne gerade verwittert zu scheinen, weil das Gestein dabei seine gewöhnliche Festigkeit behält, zeigt der ältere Porphyr am Sandfelsen bei Halle Farbenverschiedenheiten, die um so mehr vielleicht die Vorstellung von einer durch saure Dämpfe stattgefundenen Einwirkung herbeirufen mögen, als gerade hier vorzugsweise die Masse des Porphyrs von vielen schmalen, zum Teil mit einem Fossil ausgefüllten, zum Teil fest verwachsenen Klüften durchsetzt wird, welche

[1]) Beiträge zur petrographischen Kenntnis der kleinkristall. Porphyre. Manuskript.

zugleich durch die Begleitung von Flufs ausgezeichnet werden, der teils deutlich als Flufsspat, teils als färbender Stoff erscheint. Indes zeigt sich in den dortigen Steinbrüchen, dafs dieselben Farben und das sozusagen gebleichte Ansehen sich nach der Tiefe zu verlieren, und dann ist auch dieser Punkt der einzige, wo die erwähnten Klüfte in bemerkenswerter Anzahl in unseren Porphyren anzutreffen sind.“

Die Imprägnation des Porphyrs durch den Flufsspat schien somit lediglich an das Ausgehende des Gesteins gebunden gewesen zu sein, was mit einer Bildung durch von unten aufsteigende Gase kaum in Einklang stehen dürfte.

Der wissenschaftliche Streit zwischen Plutonismus und Neptunismus wurde in erster Linie durch Bischof zugunsten des letzteren entschieden, und die alten wie die neueren Beobachtungen an den Halleschen Flufsspäten bestätigen in vollem Umfange die Gültigkeit der Bischofschen Theorie,[1]) nach welcher sich der Flufsspat auf nassem Wege durch Lateralsekretion aus der Zersetzung fluorhaltiger Gesteine — in vorliegendem Falle hauptsächlich von Glimmer — bildet. In dem Glimmer ist der Fluor wahrscheinlich an Alkalien (K, Na, Li), vielleicht — wie Berzelius annimmt — auch an Alkalien und Tonerde gebunden, und die Einwirkung der löslichen Fluorüre auf Kalksilikat führt unter Abscheidung von Alkalisilikat zur Bildung von Flufsspat.

Mit Recht verweisen ferner Laspeyres[2]) und Bischof auf die Unmöglichkeit der Bildung von Flufsspat durch Flufssäuredämpfe in kieselsäurereichen Gesteinen. Auf Grund der überaus gröfseren chemischen Affinität des Fluors zur Kieselsäure als zur Kalkerde hätte die Einwirkung auf den kieselsäurehaltigen Halleschen Quarzporphyr flüchtiges Fluorsilicium, nicht aber Fluorkalcium erzeugt. Eine Durchdringung des Porphyrs durch Flufssäure würde ferner infolge der Bildung von Kieselfluor-

[1]) G. Bischof a. a. O. S. 83 ff.
[2]) A. a. O. S. 450.

gas dem Porphyr nicht unbedeutende Mengen Kieselsäure entzogen haben müssen, während tatsächlich gerade am Sandfelsen der Porphyr äußerst kieselsäurereich ist und stark silifizierte Porphyrzonen enthält.

Im Gegensatz zum Flußspat erscheint in dem Halleschen Kaolin der Schwefelkies auf den ersten Blick umsomehr als eine mit dem Kaolinisierungsprozeß im engsten genetischen Zusammenhange stehende Neubildung, als er in ihm in sehr beträchtlicher Menge vorhanden ist und dabei dem Muttergestein fast ganz zu fehlen scheint. In diesem wird sein Auftreten durch von Veltheim und Laspeyres nur am Sandfelsen erwähnt, während er nach Andrae[1]) allerdings „auch in einigen anderen jüngeren (?) Porphyren" vorkommen soll. Haase hat ihn bei seinen zahlreichen Beobachtungen nur in ganz geringfügiger Menge im Schwertzer Porphyr als sekundäres Mineral gefunden.

Die Halleschen Kaoline dagegen enthalten stets, wenn auch in sehr schwankenden Mengen, den Schwefelkies. Am häufigsten ist der Schwefelkies in einigen Gruben am Fuchsberge und in der Prinzgrube bei Teicha, wo er sowohl in feiner Verteilung als Imprägnation, als auch in derben, konkretionären Bildungen auftritt, die in dem Kaolin ganz unregelmäßig angeordnet sind. Auf der Grube Strumpf erreichen die knolligen und traubigen Konkretionen, deren Oberfläche meist in Brauneisen umgewandelt ist, recht beträchtliche Größen; sehr zahlreich sind hier und in den benachbarten Gruben kleine längliche Schwefelkiesgebilde, die ihres Aussehens und ihrer Form wegen von den Arbeitern „Eisenstifte" genannt werden. Auffallenderweise beschränkt sich das Vorkommen des Pyrits innerhalb der Porzellanerde (Grube Kahleis, Höpfner, Prinz-Grube u. a.) im wesentlichen auf die unteren Partien der Lagerstätte, während die oberen entweder ganz frei oder nur wenig schwefelkiesführend sind. Es liegt sehr nahe, an eine nachträgliche Auflösung und Fortführung des leicht oxydierbaren Minerals durch die Tagewässer zu denken, und das Vorhandensein von rötlich bis braun gefärbtem Eisenoxyd-

---

[1]) Laspeyres a. a. O. S. 445.

hydrat in Form von zahlreichen horizontal und oft wellenförmig verlaufenden Schnüren, welche den Abbaustöfsen ein geflammtes Aussehen verleihen, mag vielleicht diese Annahme bestätigen. Auch Gips, welcher sich oft aus der Zersetzung von Schwefelkies durch Einwirkung der frei werdenden Schwefelsäure auf Kalksalze bildet, wird nicht selten in der Porzellanerde angetroffen (z. B. auf der Grube Endlich, Hinze-Hilkendorf und in den Gruben bei Raunitz).

Die Art des Auftretens und die Ausbildungsweise des Pyrits in dem Kaolin, welche den Angaben Röslers zufolge derjenigen in den Karlsbader Vorkommen sehr ähnlich zu sein scheint, spricht viel mehr für eine Bildung auf nassem Wege als für eine solche durch Solfatarentätigkeit. Der Umstand, dafs gerade die beiden Kaolinlager, die halleschen und die nordböhmischen, im Gegensatz zu allen anderen Kaolinvorkommen sich durch einen grofsen Schwefelkiesgehalt auszeichnen und zugleich von z. T. mächtigen Tertiärschichten überlagert werden, läfst einen Zusammenhang der Pyritbildung mit der Tertiärbedeckung vermuten und scheint darauf hinzuweisen, dafs der Pyrit Vorgängen seine Entstehung verdankt, die mit dem eigentlichen Kaolinisierungsprozefs nichts zu tun haben.

Die halleschen Kaolinlager sind gröfstenteils von Schichten des Unteroligozäns überdeckt, und in den Vorkommen des Fuchsberges und des Götschegebietes legt sich oft auf dem Kaolin unmittelbar das Unterflöz auf. Eine tatsächlich ausgeübte Einwirkung des Kohlenflözes auf die darunter gelegene Porzellanerde zeigt sich auf der Prinz-Grube und auf einigen anderen Gruben (z. B. Ebert und Eckert-Schmidt) darin, dafs die oberste Schicht der Erde von kohligen Fasern durchschwärmt und bräunlich gefärbt ist.

Die Pyritbildung ist wahrscheinlich als eine ähnliche Äufserung der Tertiärdecke auf den zur Zeit des unteren Oligozäns vorhanden gewesenen kaolinischen Untergrund aufzufassen. Die Ablagerungen der Tertiärzeit waren in hohem Mafse die Bildungsstätte von reichlichem Schwefelkies, der seine Entstehung der Wechselwirkung von schwefelsauren oder Eisenoxydulsalzen und reduzierenden organischen

oder anorganischen Substanzen verdankte. Dieselben wässerigen Lösungen nun, welche am Boden der tertiären Sümpfe und Moore Schwefelkies bildeten, wurden ebenso wie die heutigen Tagewässer von dem Kaolin infolge seiner Porosität begierig aufgesogen und konnten daher auch hier Veranlassung zur Entstehung von Schwefelkies geben.

Spateisen und Kalkspat hat Rösler in der halleschen Porzellanerde nicht gefunden, während sie in dem unzersetzten Porphyr als Kluftmineralien und — wie erwähnt — als stete Begleiter des Flufsspats auftreten. Da die beiden Karbonate sowohl durch den Einflufs kohlensäurehaltiger Tagewässer als auch von thermalen Wässern sich bilden können, so dürfte übrigens ihr Vorhandensein weder zugunsten noch zuungunsten der einen oder der anderen Ansicht sprechen.

3. Zusammenfassung und Ergebnis.

Übersicht über die accessorischen Mineralien

im Kaolin		im Porphyr
Titanit mit Leukoxen (Rösler)		Titanit (Haase)
—		Glimmer mit Leukoxen im Lettiner Porphyr (Haase)
Zirkon	"	Zirkon (Luedecke)
Anatas	"	Anatas (Luedecke)
Rutil	"	Rutil, wahrscheinlich (Haase)
Hussakit	"	—
Monazit	"	—
Granat und Topazolit	"	—
Chlorit	"	Chlorit (Laspeyres)
Turmalin	"	Turmalin (Haase)
Pyrit	"	Pyrit (v. Veltheim)
Flufsspat (L. v. Buch)		Flufsspat
—		Spateisen
—		Kalkspat

Nach diesen Erwägungen zeigt obige Gegenüberstellung der accessorischen Mineralien, die uns auf Grund der Röslerschen Untersuchungen der Porzellanerde entgegentreten, mit denen, die auf Klüften und in Hohlräumen des nicht kaolinisierten Porphyrs beobachtet sind, dafs in der

Tat keine Mineralien übrig bleiben, die uns berechtigen, aus ihrem Auftreten Schlüsse auf eine pneumatolytische oder pneumahydatogene Entstehungsursache des Kaolins zu ziehen.

VI. Schlufsbetrachtung: Die Entstehung der halleschen Kaolinlagerstätten auf Grund der gewonnenen Ergebnisse.

Aus den vorhergehenden Untersuchungen und Betrachtungen, welche sich auf die drei Hauptbeweisgründe der RÖSLERschen Theorie erstrecken, geht wohl mit Sicherheit hervor, dafs die RÖSLERsche Auffassung über die Entstehung der Kaolinlagerstätten für die Halleschen Vorkommen nicht zutrifft. Alle Argumente, welche von RÖSLER und seinen Anhängern für die Richtigkeit der pneumatolytischen Theorie angeführt worden sind, haben in Anwendung auf die Halleschen Verhältnisse ihre Bestätigung nicht gefunden. Vielmehr weisen alle Beobachtungen und Untersuchungen darauf hin, dafs die Verwitterungstheorie eine befriedigende Erklärung für die Hallesche Kaolinbildung zu geben vermag. Insbesondere schliefst die ermittelte Lagerungsform der Kaolinlager eine Entstehung durch von unten auf Spalten aufsteigende Agentien geradezu aus. Die Agentien müssen im Gegenteil, da bei den Kaolinlagern der höchste Horizont die stärkste Kaolinisierung aufweist, welche nach unten bis zum völligen Übergang in das unzersetzte Muttergestein abnimmt,[1]) von oben nach unten gewirkt haben. Was läge daher nicht näher, als die Agentien der Verwitterung, die Atmosphärilien, vornehmlich die atmosphärischen Wasser anzunehmen! Auch sie enthalten z. T. die gleichen Bestandteile, welche in den

---

[1]) Vgl. auch die Kasaische Theorie für die Karlsbader Vorkommen. — Kasai, Die wasserhaltigen Aluminiumsilikate. Inaugural-Dissertation der philosophischen Fakultät München, 1896.

Gasen und heifsen Quellen als Ursache der Kaolinbildung angesehen werden müfsten, vor allem die Kohlensäure.

Die Tatsache, dafs die heutige normale Verwitterung nicht zur Entstehung von Kaolin- und Porzellanerdelagerstätten führt, kann die Annahme nicht ausschliefsen, dafs in einer andern, ganz bestimmten geologischen Epoche eine weit stärkere Verwitterung geherrscht hat, welche eine völlige Zersetzung der porphyrischen oder granitischen Oberfläche veranlafst hat.

Würde die intensive oberflächliche Zersetzung des Gesteins nicht eben auf eine im Vergleich zu den ungezählten Zeitläufen kurze Epoche beschränkt gewesen sein, würde die Bildung der mächtigen Kaolindecke nicht die Folge einer extremen, durch besondere Umstände gesteigerten, in ihrem Wesen aber der heutigen ganz analogen, nur intensiveren Verwitterung sein, dann wäre vielleicht in der Tat — worauf WEINSCHENK[1]) vornehmlich hinweist — das organische Leben der Erde infolge der starken und stetigen Alkalien- und Phosphorsäureentziehung gefährdet.

Die von RÖSLER und auch von STUTZER[2]) aufgestellten Gegensätze zwischen den Erscheinungen der Verwitterung und denjenigen der Kaolinisierung sind für die Halleschen Porphyre und den aus ihnen hervorgegangenen Kaolin durch die geschilderten Beobachtungen und Untersuchungen zu dem gröfsten Teile beseitigt worden. Die chemischen und mikroskopischen Analysen der Verwitterungsprodukte lassen keinen Zweifel, dafs unter geeigneten Umständen die atmosphärischen Einflüsse Kaolinit zu bilden vermögen. Hierbei führte neben den Beobachtungen am Pinitoid die Tatsache, dafs die Feldspäte im ersten Stadium der Zersetzung nur glimmerartige Produkte zeigten, zu der Annahme, dafs der Glimmer durch weitere Zersetzung in Kaolinit übergeführt wird, dafs also der Glimmer gleichsam nur als eine markante Zwischenstufe der in Kaolinit endigenden Feldspatzersetzung anzusehen ist. Die Betrachtung der CLARKEschen Konstitutionsformeln des Feld-

---

[1]) Weinschenk, Grundzüge der Gesteinskunde, I. Teil, S. 64.
[2]) Zeitschrift für praktische Geologie, 1905.

spats, Glimmers und Kaolinits,[1]) welche die überaus grofse Verwandtschaft der drei Mineralien erkennen lassen, kann diese Auffassung nur unterstützen.

Zu ganz gleichen Resultaten führten die mikroskopischen Untersuchungen, welche an Dünnschliffen[2]) von Porzellanerden und den Kaolinen der Übergangszone (Versuchsschacht I, Grube Baensch) vorgenommen wurden. Da die Proben verschiedene Grade der Kaolinisierung darstellten, so mufsten sie von vornherein Aufschlüsse über den Verlauf des Kaolinisierungsprozesses versprechen.

In den Schliffen der Porzellanerde erschienen unter dem Mikroskop an Stelle der ehemaligen Feldspateinsprenglinge unregelmäfsige, unscharf begrenzte Partien, die aus zahllosen winzigen Schüppchen und Pünktchen zusammengesetzt waren. Diese zeigten zwischen gekreuzten Nikols äufserst schwache Doppelbrechung und gaben sich somit als Kaolinitaggregate zu erkennen. In gleicher Weise waren sämtliche Feldspäte der quarzreichen Grundmasse in lauter winzige Kaolinitschüppchen aufgelöst.

Die Schliffe der Kaoline der Übergangszone boten ein ganz anderes mikroskopisches Bild dar: die mit den feinschuppigen Zersetzungsaggregaten erfüllten (quarzfreien) Partien des Gesichtsfeldes, welche den ehemaligen Feldspatausscheidungen entsprachen, zeigten nicht selten scharf abgegrenzte, geradlinige Umrisse und die Formen der ursprünglichen Feldspatkristalle. Innerhalb dieser Partien traten neben den schwach doppelbrechenden Kaolinitschüppchen gleichfalls feinschuppige oder nadelförmige Aggregate auf, die sich auf Grund ihrer optischen Merkmale, vornehmlich ihrer hohen Doppelbrechung, als glimmerartige Zersetzungsprodukte erwiesen. Während diese in den der Porzellanerde näherstehenden Proben (weifse Zone, bis 2,00 m Tiefe des Veruchsschachtes I) nur vereinzelt vorhanden waren, nahmen sie in den Proben aus gröfserer Tiefe (3 — 4 m) zu und hoben sich in Form strähnenartiger Bündel oder

---

[1]) Rosenbusch und Wülfing, Mikroskopische Physiographie, I, 2, S. 299.

[2]) Hergestellt durch die Firma Voigt und Hochgesang, Göttingen.

unregelmäfsiger Flecke zwischen gekreuzten Nikols durch ihre höhere Polarisationsfarbe aus dem grauweifsen kaolinitischen Untergrunde deutlich hervor.

Frische Feldspäte bezw. Bruchstücke derselben, welche sich meist auf Grund der geringen Auslöschung als Orthoklase erwiesen, wurden in allen Proben der Übergangszone beobachtet. Hierbei enthielten diese in auffallender Weise nur geringe Mengen von Zersetzungsprodukten, welche entweder ohne erkennbare Gesetzmäfsigkeit oder aber vorzugsweise auf den Spaltrissen angeordnet waren. Nach dem optischen Verhalten mufsten diese Zersetzungsprodukte zum gröfsten Teil als Sericit, nur zu einem kleineren Teil als Kaolinit angesprochen werden.

Die Grundmasse liefs in gleicher Weise wie die Feldspateinsprenglinge einen geringeren Grad der Umwandlung erkennen, indem auch in ihr neben kaolinitischen Partien sowohl sericitische Aggregate als frische von der Kaolinisierung und Sericitisierung nicht ergriffene Feldspäte auftraten.

Der Biotit fand sich in den Rohkaolinen stets in vorgeschrittenem Stadium der Zersetzung und zeigte keinen Pleochroismus mehr. Meist bildete er langgezogene, zuweilen gewundene braungefärbte Leisten oder büschelige, feinfaserige Partien. Da er in der eigentlichen Porzellanerde nur vereinzelt beobachtet wurde, so ist anzunehmen, dafs er dem vollendeten Kaolinisierungsprozefs ganz anheimgefallen ist. In dem unzersetzten oder verwitterten Porphyr dagegen erscheint der Biotit — entgegen der Ansicht Röslers und Stutzers — häufig noch sehr frisch.

Zirkonkristalle traten aufserordentlich häufig, zuweilen in beträchtlicher Gröfse, in prismatischer Ausbildung auf; ihr Erhaltungszustand war durchweg frisch. Hussakit, der nach Rösler dem Zirkon sehr ähnlich ist, sich aber durch eine noch höhere Doppelbrechung auszeichnet, habe ich nicht beobachtet; die höchste Interferenzfarbe, die an einem keilförmigen Zirkonkristall wahrgenommen werden konnte, war rosa III. Ordnung.

Die aus den Schlämmanalysen erhaltenen Tonsubstanzen, die in Form von Kanadabalsampräparaten der Untersuchung

in parallelpolarisiertem Licht unterworfen wurden, liefsen in gleicher Weise einen nach dem Porphyr zu stetig wachsenden Gehalt an Sericit erkennen und zeigten die gleichen mikroskopischen Bilder wie die Tonsubstanzen der Verwitterungsprodukte.

Aus diesen Untersuchungen ergeben sich daher für die Verwitterung und Kaolinisierung ganz analoge Erscheinungen, die sich lediglich durch die Intensität der Umwandlung unterscheiden. Bei beiden Prozessen wird anscheinend der Feldspat zuerst in Sericit und dann in Kaolinit übergeführt, so dafs die Kaolinisierung als eine Fortsetzung der Sericitisierung aufzufassen ist. Der Biotit fällt dem normalen Verwitterungsprozefs zum Teil, dem vollendeten Kaolinisierungsprozefs gänzlich zum Opfer. Das Fehlen des Apatits im Kaolin findet in einer sehr geringen Widerstandsfähigkeit gegen die gesteigerten Verwitterungseinflüsse seine Erklärung.

Beiden metamorphen Prozessen ist ferner ein äufserst ungleiches Verhalten der Feldspatsubstanz gegen die zersetzenden Agentien gemeinsam. In sämtlichen Kaolinpräparaten der Übergangszone fanden sich neben völlig in Kaolinit umgewandelten Feldspäten unzersetzte oder von der Zersetzung nur zu einem geringen Teil ergriffene Feldspäte, so dafs auch den kaolinisierenden Agentien in gleicher Weise wie den Verwitterungsagentien die Feldspäte einen sehr verschiedenen Grad der Widerstandsfähigkeit entgegengestellt haben. Daher habe ich auch für die Röslersche Ansicht, dafs bei der Kaolinisierung im Gegensatze zu der Verwitterung stets zuerst die Einsprenglinge und dann die Feldspäte der Grundmasse zersetzt werden, aus den optischen Untersuchungen eine Bestätigung nicht finden können: vielmehr gilt auch für die Kaolinisierung der bei der Verwitterung entwickelte Grundsatz, dafs eine feste Regel hierüber nicht aufzustellen sei. Die mineralogischen Untersuchungen lassen somit wesentliche Gegensätze zwischen den Erscheinungen der Verwitterung und denjenigen der Kaolinisierung nicht erkennen und weisen darauf hin, dafs beide Prozesse durch gleiche oder ähnliche Agentien herbeigeführt werden.

Zugunsten der Verwitterungstheorie spricht ferner der Umstand, dafs die heutigen Kaolinlagerstätten in den halleschen Porphyren als die Überreste einer früheren, weit ausgedehnteren Kaolinablagerung angesehen werden müssen. Die Kapseltone, die in mächtigen Lagern bis über 20 m Mächtigkeit bei Bennstedt und Cöllme anstehen, sowie die als Liegendes des Oberflözes auftretenden Stuben- oder Quarzsande bilden zweifellos die ausgeschlämmten, sekundär abgelagerten Bestandteile des aus der Zersetzung des halleschen Porphyrs hervorgegangenen Kaolins. Die Mächtigkeit dieser Ablagerungen setzt die Fortführung ganz gewaltiger Kaolinmassen voraus und weist auf eine weitgehende Denudation des ursprünglichen Kaolingebietes hin. Hieraus ergibt sich notwendigerweise die Annahme, dafs die heutigen, mehr oder weniger durch Porphyrpartien getrennten Kaolinvorkommen, wenngleich auch diese schon oft beträchtliche Flächenräume einnehmen, ehemals eine zusammenhängende, über die ganze Porphyroberfläche sich erstreckende Decke gebildet haben. Infolge einer nach der Kaolinisierung einsetzenden Denudation ist diese Decke zum Teil völlig fortgespült, zum Teil nur zerrissen, sodafs der porphyrische Untergrund hier und da blofsgelegt wurde und die tiefer gelegenen Kaolinmassen unberührt blieben. Diese letzteren bilden die heutigen Kaolinlagerstätten, während die der Denudation zum Opfer gefallenen Kaoline durch den Wassertransport einen natürlichen Aufbereitungsprozefs erfuhren und zur Bildung sekundärer Tonlager führten. Ohne Zweifel weist auch schon die heutige Lagerungsform, das Vorhandensein gröfserer kaolinisierter Flächen, innerhalb deren die Porzellanerde-Vorkommen muldenförmige Einlagerungen bilden, die ausnahmslose Abhängigkeit von der Höhenlage, derart, dafs die Kaolinlager gleichsam als Ausfüllungen von Tälern und Mulden erscheinen, entschieden auf einen ehemaligen, durch Denudation gestörten Zusammenhang hin.

Dafs in der Tat eine Abtragung durch Denudation erfolgt ist, scheint ferner die Lettenschicht zu beweisen, welche sich in ungleicher Mächtigkeit über dem Kaolin findet und oftmals seitlich über den unzersetzten Porphyr fortsetzt. Ich halte die Letten für das ausgeschlämmte,